

Evaluación del riesgo  
toxicológico y  
medioambiental por  
metales en agua  
asociado al Proyecto  
Hidroeléctrico Alto  
Maipo SpA

Abril 2016



## Índice

Evaluación del riesgo toxicológico y medioambiental por metales en agua asociado al Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo SpA Abril 2016 .....	4
Introducción .....	4
Capítulo I .....	7
Primer paso: Evaluar información acerca del lugar .....	7
DESCRIPCION GENERAL.....	7
Localización. ....	7
Suelos .....	12
Clasificación por Cobertura Vegetacional. ....	13
Hidrología .....	14
Principales Cumbres que Aportan al Nacimiento del Río Maipo .....	15
Clima.....	20
Dirección y velocidad de vientos.....	20
Actividades económicas .....	21
Descripción Sectorial del Proyecto Alto Maipo.....	22
DESCRIPCIÓN DE LA MICROZONA Y SITUACIÓN AL 24 DE NOVIEMBRE DE 2015: EL MANZANO .....	24
DESCRIPCIÓN DE LA MICROZONA Y SITUACIÓN AL 24 DE NOVIEMBRE DE 2015: AUCAYES 29	
DESCRIPCIÓN DE LA MICROZONA Y SITUACIÓN AL 24 DE NOVIEMBRE DE 2015: EL YESO ..	33
DESCRIPCIÓN DE LA MICROZONA Y SITUACIÓN AL 24 DE NOVIEMBRE DE 2015: EL VOLCÁN .....	35
Capítulo II .....	43
Segundo paso: Determinar contaminantes de interés .....	43
MATRIZ SUELO: .....	43
Características de la corteza terrestre .....	43
La Técnica de Espectrometría Infrarroja: .....	49
ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPÍA IR DE MUESTRAS DE ROCAS REPRESENTATIVAS DE LOS COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS DE LAS MICROZONAS.....	51
RESULTADOS .....	52
MATRIZ AGUA: .....	90
Movimiento de elementos traza en los ecosistemas.....	90

Concentraciones máximas de metales en agua de ríos de cuenca del Maipo, promedio para periodos señalados versus límites permisibles de normas nacionales e internacionales (mg/L): .....	91
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS O COMENTARIOS.....	95
Comportamiento histórico de los caudales anuales y por periodos (ARCADIS 2008), relacionado con los puntos de muestreos de Dr Tchernitchin .....	97
De los muestreos aislados de agua de diversos orígenes recolectadas el 24 de noviembre 2015 por Dr Tchernitchin y analizados en CENMA versus los muestreos efectuados por SGS para los días 28 y 29 enero 2016: .....	102
Capítulo III .....	125
Tercer paso: Identificar y evaluar rutas ambientales.....	125
Análisis del contexto espacial de las microzonas:.....	125
Análisis espacial de acuerdo con metodología ATSDR de la zona El Volcán, desarrollo del proyecto y puntos de muestreos CMA-259 y CMA-260 (24/11/2015) .....	125
Análisis espacial de acuerdo con metodología ATSDR de la zona Los Maitenes, desarrollo del proyecto y puntos de muestreos CMA-261 y CMA-262 (24/11/2015) .....	130
Análisis espacial de acuerdo con metodología ATSDR de la zona El Manzano, desarrollo del proyecto y punto de muestreo CMA-263 (24/11/2015) .....	137
Rol de las especies centinela en el ecosistema, como indicadores de exposición y riesgo:140	
Plomo .....	140
Selenio .....	141
Arsénico.....	141
Hierro .....	143
Manganeso .....	144
Aluminio .....	144
Boro .....	145
Especies animales observadas y/o descritas en la zona: .....	147
Capítulo IV .....	154
Cuarto paso: Identificar y evaluar rutas de exposición humana.....	154
4.1 Arsénico en ambiente .....	154
4.2 Arsénico en suelos.....	158
4.3 Arsénico en sedimentos .....	162
4.4 Arsénico en acuíferos .....	163

4.5 Comportamiento y biodisponibilidad del As en acuíferos .....	164
4.6 Especiación acuosa.....	172
Capítulo V .....	178
Quinto paso: Determinar implicaciones para la salud pública .....	178
Efectos en Salud y Normas de calidad de agua.....	181
ESTIMACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD POR ARSÉNICO EN AGUA CRUDA Y AGUAS RURALES EN LA CUENCA DEL CAJON DEL MAIPO .....	184
Criterios de la OMS para arsénico en agua y aplicabilidad de las recomendaciones de las Guías:.....	187
En resumen: .....	188
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN LOS DOS INFORMES DE DR. TCHERNITCHIN (ESTUDIOS DE CESMA) Y LOS RESULTADOS DE MUESTREO DE SGS REPRESENTATIVO DE LAS MISMAS ÁREAS.....	190
ANEXO 1 .....	197
ANEXO 2 .....	215
ANEXO 3 .....	220
ANEXO 4 .....	241

## **Evaluación del riesgo toxicológico y medioambiental por metales en agua asociado al Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo SpA**

**Abril 2016**

### **Introducción**

En relación a los análisis de agua cruda hechos en el ámbito del Cajón de Maipo el 24 de noviembre de 2015 y la interpretación de los resultados de los estudios de CENMA asociados a las conclusiones establecidas en los documentos del Dr. Tchernitchin entregados al Concejo Municipal de San José de Maipo y a los medios de prensa, se hace el presente análisis de riesgo toxicológico y ambiental.

Para comparar los contenidos de metales en aguas del monitoreo histórico 1990-2015 de la Dirección General de Aguas para ríos del sistema del Rio Maipo, con los resultados del análisis puntual del 24 de noviembre 2015 a un total de 5 muestras analizadas por CENMA, ingresadas a este centro con fecha 25 de noviembre 2015, y registradas a nombre de “Macarena Martínez Satt, cliente 420, solicitud 6091”, se aplican metodologías y criterios establecidos por **ATSDR, OMS, FAO y datos regulatorios internacionales y normas nacionales** vigentes (OMS, NCh 409, DS 143, NCh 1333 y DS 90).

La metodología se centra en la descripción del sitio, las concentraciones históricas de metales en los distintos afluentes del Rio Maipo y los resultados aislados del muestro del 24 de noviembre de 2015, a fin de concluir sobre el riesgo potencial de las aguas fluviales para las poblaciones locales. La descripción establece las características geomorfoclimáticas que influyen en los niveles de metales en agua para periodos de otoño-invierno versus primavera-verano, tanto en la macro zona del Cajón como en 3 micro zonas (El Volcán, Alfalfal y Las Lajas) relacionadas con la construcción de los túneles del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo SpA, en adelante PHAM o el Proyecto.

Se analizaron las concentraciones de metales en agua cruda de ríos a partir de los datos históricos entre 1990 a 2015 (DGA) y se compararon con los resultados del

muestreo puntual de aguas del 24 de noviembre 2015 analizadas por CENMA y con los del muestreo de aguas de SGS hecho en enero de 2016 en puntos representativos del primer muestreo del 2015. Estos datos se confrontaron con las referencias de calidad de agua para consumo humano de OMS, Norma Chilena 409 y Norma Chilena para aguas superficiales. Además, se compararon las técnicas de muestreo y manejo de muestras y los métodos analíticos.

Por otra parte, durante la investigación se constató la presencia de otras fuentes contaminantes aparte de las de origen natural, asociadas a la movilización de metales pesados ajenas a PHAM, tales como otras actividades mineras.

En relación al tiempo-espacio de las actividades del PHAM, el avance de los túneles a noviembre de 2015 era del 22%, no completándose a la fecha de febrero de 2016 un avance mayor al 24%.

**La metodología ATSDR comprende 5 pasos que corresponden a:**

1. Evaluación de la información acerca del lugar
2. Determinación de los contaminantes de interés
3. Identificación y evaluación de las rutas ambientales
4. Identificación y evaluación de rutas de exposición humana
5. Determinación de implicaciones para la salud pública

Esta metodología permitió dar respuesta a las interrogantes respecto al riesgo potencial para la salud con sus efectos a corto y largo plazo, que podría ocurrir secundario a la exposición a metales en agua de diverso origen (río, pozo, charco, agua de la llave, entre otras). Además, como parte de la evaluación de riesgos toxicológicos y con el fin de estimar el riesgo poblacional, se identificaron factores topo climáticos, conformación geomorfológica y relieve, y factores antrópicos asociados a la movilización de metales en agua de los afluentes del Rio Maipo, las concentraciones de interés, considerando la validez de la toma de muestra y los métodos analíticos, con su nivel de sensibilidad y especificidad; además de las rutas ambientales de los metales (agua, aire, suelo) y las vías de ingreso al ser humano.

Finalmente, se efectuó el análisis de los 2 informes que el Dr. Tchernitchin elaboró para el Concejo Municipal y para la prensa, que incluyó FODA, auditoría de muestreos de agua de Dr. Tchernitchin y SGS, y el análisis de riesgo específico para arsénico, todo lo cual se encuentra en anexos.

## Capítulo I

### Primer paso: Evaluar información acerca del lugar

#### DESCRIPCION GENERAL

##### Localización.

El área de estudio se ubica en la Región Metropolitana de Santiago, en la Provincia Cordillera, en la comuna de San José de Maipo, en el sector Sur Oriental de la Región. La comuna se encuentra a unos 48 Km de Santiago, 25 Km de Puente Alto, 100 Km de Rancagua y 375 Km de Mendoza (Argentina).

La superficie de la comuna según el PLADECO del año 2010-2014 es de 4.994,8 Km<sup>2</sup>, dividida en 6 distritos censales: San José de Maipo (138,9 Km<sup>2</sup>), Río Colorado (1.679,4 Km<sup>2</sup>), San Gabriel (725,6 Km<sup>2</sup>), Quelitehues (2.023,8 Km<sup>2</sup>), El Ingenio (317,5 Km<sup>2</sup>) y El Canelo (109,6 Km<sup>2</sup>). Es la comuna menos densamente poblada de la Región Metropolitana con un total de 13.376 habitantes (INE, 2002), y con una población total proyectada para el 2015 según el INE de 14.453 habitantes.



Figura 1.01. Comuna de San José de Maipo. (Elaboración propia, 2016)

#### Geomorfología y Geología



La comuna de San José de Maipo se enmarca es una zona que presenta relieve asociado a cordillera andina de retención crionival, en donde se puede apreciar los volcanes Tupungato, Tupungatito, (5.682 msnm) y San José (5.856 msnm.). (Sernageomin, 2016)

Las principales características del relieve han surgido por los efectos de la erosión glacial, destacando las abruptas laderas y quebradas que caen en forma perpendicular al eje del río principal.

Los Depósitos No Consolidados que se pueden apreciar en el sector son del tipo aluvial, lacustre, glacial, gravitacionales y de remoción en masa.

Los Depósitos Aluviales, donde se encuentran bloques, gravas, arenas, limos y arcillas, los que por su petrografía se relacionan con las distintas unidades litológicas que afloran en las cercanías, principalmente se observan como material de relleno de la Depresión Central y de los valles interiores de la región. Dentro de estos últimos se destacan aquéllos que forman los importantes niveles de terrazas en el valle del río Maipo (ARCADIS, 2008a).

Los Depósitos Lacustres corresponden a depósitos de grano fino, típicamente arcillas y limos, finamente laminados de reducidas dimensiones, acumulados en los lagos formados detrás de algunas morrenas frontales o depósitos producidos por desmoronamientos en los valles de los ríos Colina, Colorado, Maipo y Yeso (ARCADIS, 2008a).

Los Depósitos Gravitacionales y de Remoción en masa más importantes son aquellos resultantes de la reptación del suelo y talud que producen acumulaciones detríticas importantes en la base de las pendientes suaves, los primeros, y en las pendientes fuertes, los segundos. Se destacan algunos importantes derrumbes ocurridos en numerosos valles tales como los de río Colina, quebrada Arrayán, río Colorado, río Yeso y río Maipo, entre otros (ARCADIS, 2008a).



Figura 1.02. **Fotografías de depósitos gravitacionales tomadas el 16.02.2016.**  
(Elaboración propia, 2016)

Los Depósitos Glaciales son formados básicamente por morrenas marginales y acumulaciones de detritos provenientes de glaciales de roca que se encuentran en la mayoría de las cabeceras de los esteros por sobre la cota de 2.500 msnm, en circos glaciares y nichos en las altas cumbres (ARCADIS, 2008a).

El marco geológico de la comuna está relacionado con 7 macro formaciones geológicas (ARCADIS, 2008a), denominadas: Formación Río Colina, Formación Río Damas, Formación Lo Valdés, Formación Colimapu, Formación Abanico, Formación Farellones y Formación Colorado, las que se presentan a continuación.

- Formación Río Colina:

Aflora en el borde oriental del territorio, en la zona fronteriza con Argentina. La componen principalmente secuencias de calizas, lutitas y areniscas, interrumpidas por enormes volúmenes de yeso, que se conoce en la literatura andina como “Yeso Principal”. La secuencia alcanza un espesor estimado en 700 m. La disposición estructural de la serie es Norte-Sur; y aparece fuertemente deformada en pliegues y pliegues-falla que originan estructuras imbricadas con convergencia al Este, responsables de la denominada “faja plegada y corrida”.

- Formación Río Damas:

Esta formación corresponde a una potente secuencia continental de conglomerados y brechas conglomerádicas gruesas a medianas, con intercalaciones de areniscas,

limonitas y lavas andesíticas. La base de esta unidad se reconoce hacia el Este, donde sobryace concordantemente la Formación Río Colina. El techo de la formación se reconoce hacia el Oeste, donde subyace concordantemente la Formación Lo Valdés (ARCADIS, 2008a). En base a estas relaciones estratigráficas, se le asigna una edad Jurásica Superior. Su espesor se estima en casi 3.000 m.

- Formación Lo Valdés:

Corresponde a una secuencia constituida principalmente por calizas, calcilutitas, lutitas, areniscas calcáreas, conglomerados y brechas, que aflora al Oeste de la Formación Río Damas. En la parte inferior de esta secuencia, se intercalan niveles gruesos a medianos de rocas volcánicas andesíticas y delgadas capas lenticulares de yeso inter-estratificado (ARCADIS, 2008a). La base y el techo de esta formación son concordantes con las formaciones Río Damas y Colimapu, respectivamente (ARCADIS, 2008a). La edad de la unidad, determinada por fósiles, es Jurásico Superior a Cretácico Inferior (ARCADIS, 2008a). El espesor estimado de esta formación es de 1.350 m.



**Figura 1.03. Estratos verticales de la formación Lo Valdés. Calizas, calcarenitas y lutitas fosilíferas. Lavas básicas brechosas en la base de la formación de 1.600-1900 metros de espesor. Cajón del Maipo. (Elaboración propia, 2016)**

- Formación Colimapu:

Los afloramientos asignados a esta formación corresponden a una secuencia volcánica y sedimentaria continental de areniscas y lutitas, conglomerados de matriz arenosa, con una predominante coloración rojiza, e intercalaciones de tobas, lavas andesíticas y calizas con niveles de yeso secundario, en capas lateralmente discontinuas. Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Lo Valdés y subyace concordantemente a la Formación Abanico (ARCADIS, 2008a). La edad de la Formación Colimapu es Cretácica Inferior a superior. Su espesor alcanza, en los sectores que ha sido posible estimarlo, un valor aproximado de 2.000 m (ARCADIS, 2008a).

- Formación Abanico:

La Formación Abanico agrupa a la mayor parte de las secuencias estratificadas de rocas volcánicas y volcano-clásticas que afloran en la región. Está constituida por lavas básicas a intermedias, rocas piroclásticas ácidas (tobas de ceniza, lapilli y aglomerados) e intercalaciones sedimentarias continentales (fluviales, aluviales y lacustres). Se le asigna una edad Eocena Superior – Miocena (terciario). El espesor del conjunto se estima en ~ 3.000 m, aun cuando se acepta que éste aparece aumentado por las numerosas intrusiones de filones-manto y lacolitos andesíticos que la afectan (ARCADIS, 2008a).

La Formación Abanico se dispone regionalmente en dos franjas de orientación Norte-Sur. Una franja oriental y otra franja occidental, las que se identifican respectivamente con las fajas tectónicas oriental y occidental. Estas franjas se presentan separadas parcialmente por la Formación Farellones, que las sobreyace.

- Formación Farellones:

La Formación Farellones corresponde a una sucesión de lavas, tobas e ignimbritas, con intercalaciones de brechas volcánicas no extrusivas (que sobreyacen la franja occidental a la Formación Abanico), cortadas por numerosos diques E-W, y con aspecto de un cuerpo subvolcánico.

Una situación particular de esta formación se presenta en el sector en torno al cerro Piuquencillo y en el circo de las cabeceras del valle Lo Encañado, donde no se aprecia estratificación o ésta es excepcionalmente gruesa (decamétrica). Los afloramientos de esta secuencia conforman la cima del cordón señalado y se extienden hasta el cerro Bronce, al Norte de las cabeceras de Quebrada Aucayes. Se le asigna una edad Miocena. El espesor reportado para la Formación Farellones es de 2.500 m.

- Formación Colorado – La Parva:

Pórfidos riolíticos, flujos de lava, tobas y brechas de composiciones traquita-andesita-dacitariolita.

El techo de esta unidad es la actual superficie de erosión. Edad Pliocena en base a estratigrafía y edades radiométricas. (ARCADIS, 2008a)

## Suelos

La comuna San José de Maipo presenta una muy baja calidad de suelos. Los suelos que predominan en la comuna son de secano no arables de clase VI, VII y suelos de secano arables en menor proporción de clase III y IV.

Según la edafología se puede establecer que la comuna posee suelos que son expuestos y corresponden a roca matriz de altura (sobre 2.300 msnm); mientras que los suelos del valle son **Inceptisoles**, caracterizados por presentar horizontes levemente desarrollados y contener minerales fáciles de alterar, de éstos, los que permiten el cultivo son la menor parte, ubicándose mayormente en el tramo La Obra.

Además, podemos encontrar suelos de cerros **litosoles**: que se caracterizan por ser delgados con una topografía accidentada y con material generado *in situ* y un proceso de interpererización. Este tipo de suelo es posible encontrarle a lo largo de todo el trayecto que va desde La Obra a San Gabriel a ambos lados del río Maipo.

También se pueden encontrar **Suelos de Piedemont**, que se caracterizan por ser mucho más profundos que los anteriores, ya que su topografía es más suave y de pendientes menos abruptas.

### **Clasificación por Cobertura Vegetacional.**

La cobertura vegetal corresponde en su mayoría a Estepa arbustiva Alta Andina de la Cordillera de Santiago. Por la naturaleza del relieve montañoso, de carácter muy abrupto, su distribución es discontinua y toma en ciertos lugares el aspecto de un desierto de altitud. Predominan los arbustos agrupados en cojín como la llareta (*Laretia acaulis*) y hierbas de crecimiento en champas como el coirón (*Poa holciformis*). Está por sobre el matorral andino y se desarrolla en un período vegetativo corto, con gran parte del año bajo nieve.

También podemos encontrar coberturas vegetacionales pertenecientes a: matorrales claro desértico sin suculentas, matorral andino espinoso y matorral esclerófilo subandino de Chile Central. (Quintanilla, 1983)



Figura 1.04. **Fotografías de coberturas vegetacionales, tomadas el 16.02.2016.**  
(Elaboración propia, 2016)

## Hidrología

En la zona, las escorrentías superficiales en su mayoría son ríos o arroyos, los que generalmente terminan siendo tributarios de las escorrentías mayores. Al estar el límite comunal cordillerano presente en la zona, el origen de los ríos es, por lo general, en la zona de separación de las aguas, en los manantiales de las cumbres.

Sin duda que el río más importante es el Maipo, presenta un régimen de tipo nival, tiene una superficie de 15.304 km<sup>2</sup>, una longitud de 250 km, y un caudal anual de 106 m<sup>3</sup>/seg (ARCADIS, 2008a). Sus tributarios más importantes son los ríos Volcán, Yeso, Colorado y Olivares.

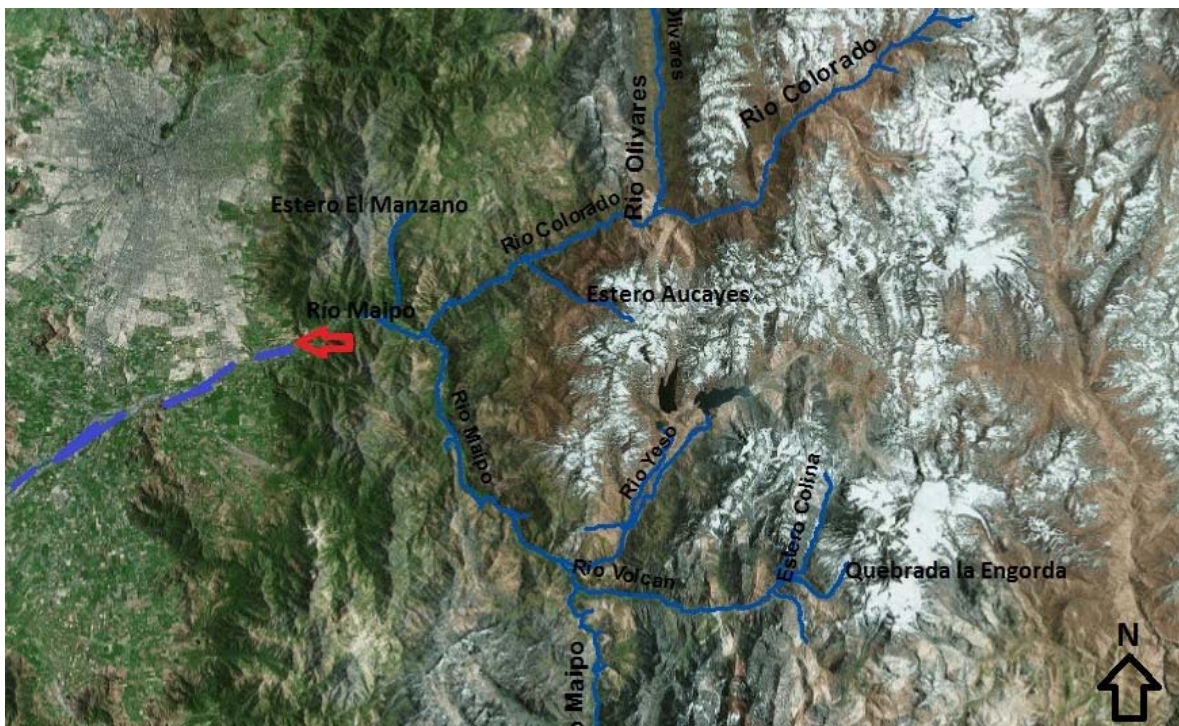


Figura 1.05. Principales cursos de agua de la zona. (Elaboración propia, 2016)

## Principales Cumbres que Aportan al Nacimiento del Río Maipo

El río Maipo nace en las laderas del volcán Maipo a 5.623 msnm, con las características de una quebrada cordillerana. La altura considerable que presenta la Cordillera de Los Andes en esta zona permite una glaciación importante y una nivación.

Tabla 1.01. **Principales Cumbres que Aportan al Nacimiento del Río Maipo**  
(ARCADIS, 2008a)

Nombre de la cumbre	Altitud
Nevado del Juncal	6.111 m.s.n.m.
Nevado del Plomo	6.050 m.s.n.m.
Cerro Tupungato	6.570 m.s.n.m.
Nevado de los Piuquenes	6.190 m.s.n.m.
Cerro Marmolejo	6.108 m.s.n.m.
El Volcán San José	5.856 m.s.n.m.
El Volcán Maipo	5.264 m.s.n.m.
El Pico del Barroso	5.160 m.s.n.m.

A esta altura el río Maipo recibe aportes hídricos de importancia, representados por los ríos Alvarado y Cruza de Piedra. Aguas abajo se le reúnen otros tres ríos de consideración como son el río Negro, El Barroso y El Blanco, todos de alimentación Glacial.

Adicionalmente, en las épocas de deshielo, el río Maipo recibe importantes aportes de parte de algunos cursos superficiales, destacando entre los más caudalosos, el río Claro que nace al pie de la divisoria de aguas con la cuenca de Codegua.

Aguas abajo de este punto, el valle del río se ensancha corriendo entre terrazas aluviales y fluvioglaciales bien desarrolladas llamadas localmente como 'Llanos' los que se constituyen veranadas de la Zona Central. Es también en el curso superior



del Maipo donde adquiere su gran turbidez al estar flanqueado de cerros de tierras malas (badlans) ricas en yeso.

Todavía en la cordillera, el río Maipo recibe por su ribera derecha tres grandes tributarios con cabeceras altas y que son de especial interés para el desarrollo del PHAM. Estos son los ríos Volcán, Yeso y Colorado (ARCADIS, 2008a)

En las inmediaciones de San Gabriel (1.240 msnm) ya tiene las características de un río importante luego de haber recibido los aportes de los ríos Volcán y Yeso. Al nor – poniente del poblado de San José de Maipo recibe los aportes de su afluente más importante del sector cordillerano, el río Colorado, cuyo caudal en el sector de confluencia tiene un promedio anual de 26 m<sup>3</sup>/s.

Entra al valle central en el sector de La Obra, corriendo en dirección oeste por un cauce profundo, presentando un caudal medio anual de 106 m<sup>3</sup>/s. Luego, y cerca de la Cordillera de la Costa recibe desde el sur los aportes provenientes del estero Angostura, los que a su vez provienen en parte importante de sus tributarios los ríos Peuco y San Francisco. Los ríos tributarios que están dentro de la comuna de San José de Maipo son:

- El Río Volcán: que nace en las faldas del Volcán San José y que se une al Maipo cerca de San Gabriel, con una superficie 507 Km<sup>2</sup>, un caudal promedio anual de 16,64 m<sup>3</sup>/s, y una longitud de 54 Km. (DGA, 2004; ARCADIS, 2008a)
- El Río Yeso: que nace cerca del paso Piuquenes hacia la Argentina. El Yeso ha sido importante para abastecer de agua potable a Santiago desde comienzos del Siglo XX. Sobre él están las lagunas Negra y Lo Encañado, con una superficie de 353 Km<sup>2</sup>, una longitud de 55 Km, y un caudal promedio anual 8,4 m<sup>3</sup>/seg. (DGA, 2004; ARCADIS, 2008a)
- El Río Colorado: nacientes se encuentran en el portezuelo del Tupungato y cordón Gran Bizcocho (Según carta IGM 1:50.000 – Hoja Tupungato). Es un río barroso y de gran caudal. Su importancia mayor ha sido por la generación eléctrica. Sobre el Colorado está la Central Maitenes (inaugurada en 1922) y la Central Alfalfal (1989). Esta última es la principal central hidroeléctrica de

la cuenca del Maipo con una potencia de más de 180 MW. Posee una superficie de 1.734 km<sup>2</sup>, una longitud 100 km, y un caudal promedio anual de 32,75 m<sup>3</sup>/seg (DGA, 2004)

- El Río Olivares: que es el principal afluente del Colorado. Nace en una gran falla geológica que corre de norte a sur por más de 40 kilómetros. Se alimenta de los deshielos del cerro El Plomo y de otros grandes glaciares que nutren su cuenca. Su caudal promedio anual es de 10,06 m<sup>3</sup>/s. (ARCADIS, 2008a)

También hay esteros, como los de las zonas de El Manzano, San Alfonso, El Canelo, Ingenio, San José, Coyanco y El Sauce. Se deben considerar también zonas como la de la Cascada de las Ánimas y algunos manantiales y cascadas menores que se aprecian en el camino hacia la mina Lo Valdés.

El régimen hidrológico del Maipo Alto corresponde al tipo nival, cuestión que implica que el 74% del total de escurrimiento superficial de un año hidrológico se efectúa durante la época de deshielos que va desde octubre a marzo.

Tanto el río Yeso como el Colorado presentan sus regímenes hidrológicos naturales alterados, por la existencia del Embalse de El Yeso y por las centrales hidroeléctricas Los Maitenes y El Alfalfal, respectivamente. (ARCADIS, 2008a)

En cuanto a la Hidrogeología o aguas subterráneas se asocian al territorio comunal que se inserta dentro de la subprovincia geohidrológica Central–Sur, correspondiente a la zona localizada entre los 33° a 42° de latitud sur.

La presencia de sistemas acuíferos está ligada al desarrollo de la unidad fisiográfica propia de la depresión intermedia. Es así que las napas subterráneas, alimentadas por los cauces superficiales existentes, el derretimiento e infiltración directa de las lluvias, se encuentra limitada a los amplios sectores de relleno cuaternario no consolidado del graben tectónico metropolitano. Dicho relleno en su composición es muy heterogéneo, y está constituido principalmente por material de acarreo fluvial, y más al sur fluvioglacial, proveniente de la Cordillera de Los Andes. El

escurrimiento de las napas se produce, fundamentalmente, en forma paralela al escurrimiento superficial, en dirección cordillera. (PAC CONSULTORES, 2010)

En el área se pueden apreciar las lagunas y embalses; la Laguna Negra (600 millones de m<sup>3</sup>) y la Laguna de Lo Encañado (50 millones de m<sup>3</sup>). En cuanto a los embalses el más significativo es el embalse el Yeso el cual drena la alta cordillera y tiene dos afluentes que nacen de este embalse, uno de la ladera norte del cerro Marmolejo y el otro de la ladera sur del cerro de los Piuquenes. En la siguiente figura se muestra la red hidrográfica del área total que abarca el PHAM; en ella se muestran además los puntos donde se han realizado los muestreos por parte de la empresa Alto Maipo SpA y los muestreos realizados por entidades externas a la empresa.

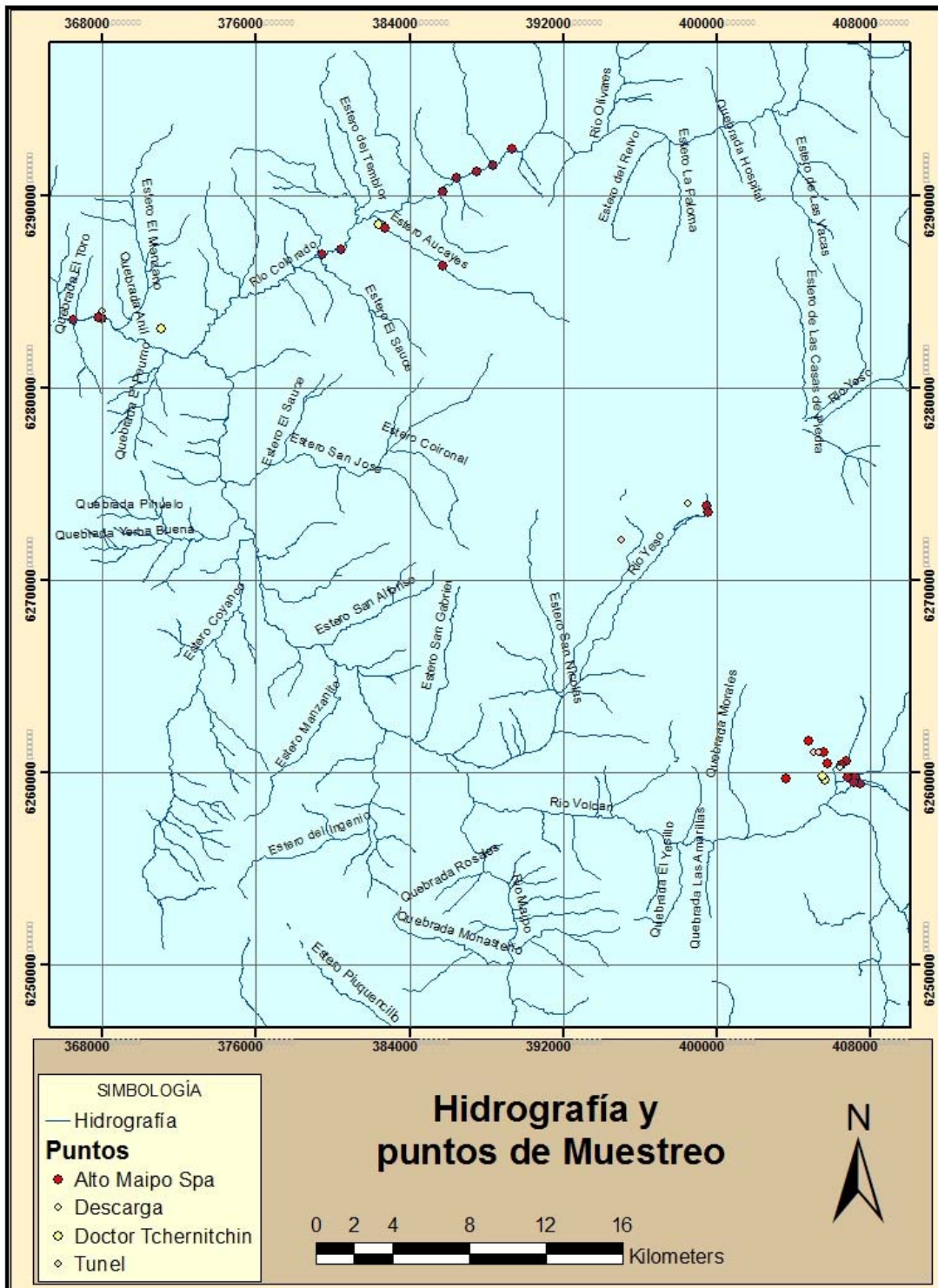


Figura 1.06. Red hidrográfica del área de estudio, con los puntos de muestreo. (Elaboración propia, 2016)

## Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, San José de Maipo se enmarcaría dentro del clima denominado Templado Cálido con estación seca prolongada de 7 a 8 meses, los veranos son cálidos y secos, y los inviernos lluviosos, frescos y húmedos (Dirección Meteorológica de Chile, 2016). Este tipo de clima se caracteriza por presentar lluvias invernales, temperatura media del mes más frío entre los 3 y 18° C y una estación seca que dura entre 7 y 8 meses al año. (ARCADIS, 2008a)

Sobre los 3.000 metros de altitud podemos encontrar un clima frío de altura, característico de la Cordillera de los Andes. Las características principales de ese tipo de clima son las bajas temperaturas y las precipitaciones sólidas que permite la acumulación de nieve en las altas cumbres.

En general las temperaturas oscilan entre 1° C como mínima promedio en invierno y 28° C durante el verano, arrojando un promedio anual de 14° C. Las precipitaciones, por otro lado, se mueven entre los 1.200 mm y 2.000 mm, entre agua y nieve; especialmente en la época de invierno.

## Dirección y velocidad de vientos

En términos generales, la velocidad del viento aumenta con la altura, en tanto la dirección coincide con la orientación del valle. Durante la época estival, y como resultado del efecto térmico en los vientos del valle cordillerano, se registra un aumento en la velocidad de este. Respecto a la frecuencia, se aprecia la persistencia del viento por sobre los 2.000 m. de altitud.

En relación al comportamiento de los vientos, la disposición de la cuenca del río Maipo respecto a los ángulos de incidencia de los rayos solares, provoca un recalentamiento desigual entre el valle y la cordillera, generando vientos térmicos entre los centros de alta y baja presión que mueven, en sentido ascendente durante el día, las masas de aire a lo largo de los valles y quebradas. Por las noches, y debido al enfriamiento terrestre, se desarrolla el fenómeno inverso, soplando la brisa fría desde los Andes hacia el valle. En la zona del Cajón del Maipo este fenómeno

es conocido como *Terral* y se caracteriza por la presencia de vientos secos y cálidos que descienden de la cordillera y cuya intensidad promedio es mayor durante la noche, cuando se suma a la brisa que normalmente sopla valle abajo a esas horas. Por el contrario, este viento pierde fuerza en horas de la tarde debido a que la cordillera favorece un flujo de aire valle arriba durante el día como se mencionó anteriormente. (ARCADIS, 2008a)

En las secciones más altas de las montañas no se presentan vientos abundantes durante nueve meses al año, registrándose actividad eólica de importancia sólo durante el fin de las estaciones, esto es, en los meses de septiembre, diciembre y marzo, con valores medidos de 9,2 a 11,1 Km/h. (ARCADIS, 2008a)

### **Actividades económicas**

Las principales actividades económicas y productivas de la comuna están enfocadas a la explotación y utilización de sus recursos naturales, como son el turismo ecológico, minería, generación de energía eléctrica, agricultura y ganadería.

Hay que considerar además todas aquellas actividades económicas relacionadas con el turismo y los servicios asociados, como restaurantes y hostales, por dar ejemplos.

Dentro de la actividad minera que se desarrolla en esta zona podemos encontrar la minería no metálica, principalmente de cal, caliza y yeso.

Otra de las actividades que se desarrollan en la comuna de San José de Maipo son las llevadas a cabo por las Centrales Hidroeléctricas, encontrándose las centrales Alfalfal I, Queltehues, Maitenes, Volcán, todas pertenecientes a la empresa AES Gener S.A.

En cuanto a la actividad agrícola podemos encontrar superficies forrajeras en su mayoría, después le siguen las superficies ocupadas con hortalizas y en menor proporción, flores y cereales. En cuanto a la superficie destinada a las plantaciones en mayor proporción se encuentran los forestales y después seguirían los frutales.

Relacionados con la ganadería podemos encontrar especies de bovinos, ovinos, porcinos, equinos, caprinos y camélidos sudamericanos, según el censo agropecuario del año 2007.

### **Descripción Sectorial del Proyecto Alto Maipo**

El PHAM se emplazará en la cuenca alta del río Maipo y contempla **dos centrales de pasada**, “Alfalfal II” y “Las Lajas”. La primera se ubica en la subcuenca del río Colorado, aguas abajo de la actual Central Hidroeléctrica Alfalfal I, mientras que la segunda central “Las Lajas” se ubicará en la ribera sur del río Colorado, sector El Sauce. La central Alfalfal II aprovechará las aguas provenientes de la zona alta del río Volcán y del río Yeso, 700 m aguas abajo de la descarga del embalse, mientras que la Central “Las Lajas” aprovechará las aguas provenientes de las descargas de las centrales Alfalfal I y II, más los aportes de la hoya intermedia del río Colorado y subcuenca del estero Aucayes. (ARCADIS, 2008a)

En la figura 07 se muestra un plano general del Proyecto. Como una forma de explicar en mayor detalle las características geográficas en las que se enmarca, se subdividió el área global en 4 sectores, que van desde El Manzano, Aucayes, El Yeso y sector el Volcán. El área roja abarca las obras del PHAM (macrozona), las áreas azules (microzonas) muestran la división planimétrica de los sectores con obras, las líneas rosadas son los túneles excavados a enero 2016, las líneas negras los túneles sin excavar, en color naranja se individualizan los principales túneles del Proyecto y en color verde se individualizan las ventanas de acceso a los túneles, las cuales están asociadas a un frente de trabajo.

En la tabla 02, siguiente a la figura 07, se muestra el avance de los túneles para los días 23, 24 y 25 de noviembre del año 2015.

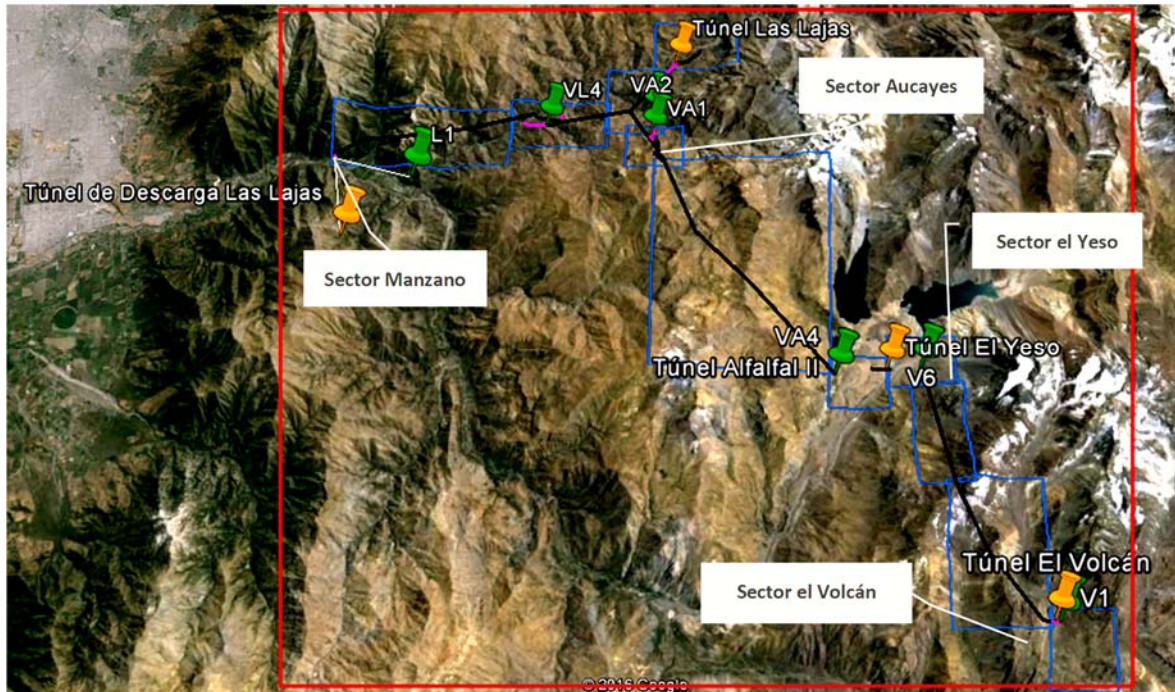


Figura 1.07. **Contextualización de la envergadura del proyecto.** (Elaboración propia, 2016)



Tabla 1.02. **Estado de avance de los túneles a la fecha de los muestreos del 24 de noviembre 2015.** (Alto Maipo SpA., 2015)

Túnel	Avance según fecha
V1	23-11: 365,0 m 24-11: 367,4 m 25-11: 375,2 m
V6	23-11: 613,5 m 24-11: 638,1 m 25-11: 654,6 m
VA4	23-11: 225,2 m 24-11: 228,5 m 25-11: 235,4 m
VA2	23-11: 168,8 m 26-11: 181,2 m
VA1	18-11: 1.276,3 m 29-11: 1.298,5 m
L1	23-11: 181,8 m 24-11: 188,3 m 25-11: 192,0 m

**DESCRIPCIÓN DE LA MICROZONA Y SITUACIÓN AL 24 DE NOVIEMBRE DE 2015: EL MANZANO**

**Sector El Manzano**

Esta unidad aflora en la ladera Norte del Río Maipo, entre la ladera Oeste de la quebrada El Manzano y la ladera Este del Río Colorado, a altitudes que van aproximadamente desde los 900 msnm, en el sector Sur, cerca del Río Maipo, y los 1.950 msnm en el límite Norte de los afloramientos. El reconocimiento en terreno, particularmente en la ladera Oeste del Río Colorado, cerca de la confluencia con el Río Maipo, permitió inferir un contacto gradacional mixto, en el cual las ignimbritas infrayacen a las brechas piroclásticas. Según estas observaciones, la Unidad Intracaldera El Manzano se compondría de una subunidad superior, denominada Unidad Brechas El Manzano, y una subunidad inferior, denominada Unidad Ignimbritas El Manzano.

En el sector Norte, el contacto de la Unidad Intracaldera El Manzano, así redefinida, con las brechas volcano-clásticas de la Formación Abanico, corresponde a un contacto abrupto por falla, con numerosos diques de orientación E-W y NW, que definirían el borde de colapso de la caldera. El contacto de esta unidad con la

Formación Abanico es menos claro en los bordes Este, Oeste y Sur. Sin embargo, observaciones realizadas en el borde Este, sugieren que se trataría de un contacto en parte condicionado por una paleotopografía, probablemente asociada a la caldera (ARCADIS, 2008a).

En la siguiente figura se aprecia la localización de las obras en el sector El Manzano y su respectivo estado de avance a enero del 2016; las áreas que se encuentran en color verde son las obras en ejecución. El punto verde L1, es la ventana al Túnel de descarga de Las Lajas.

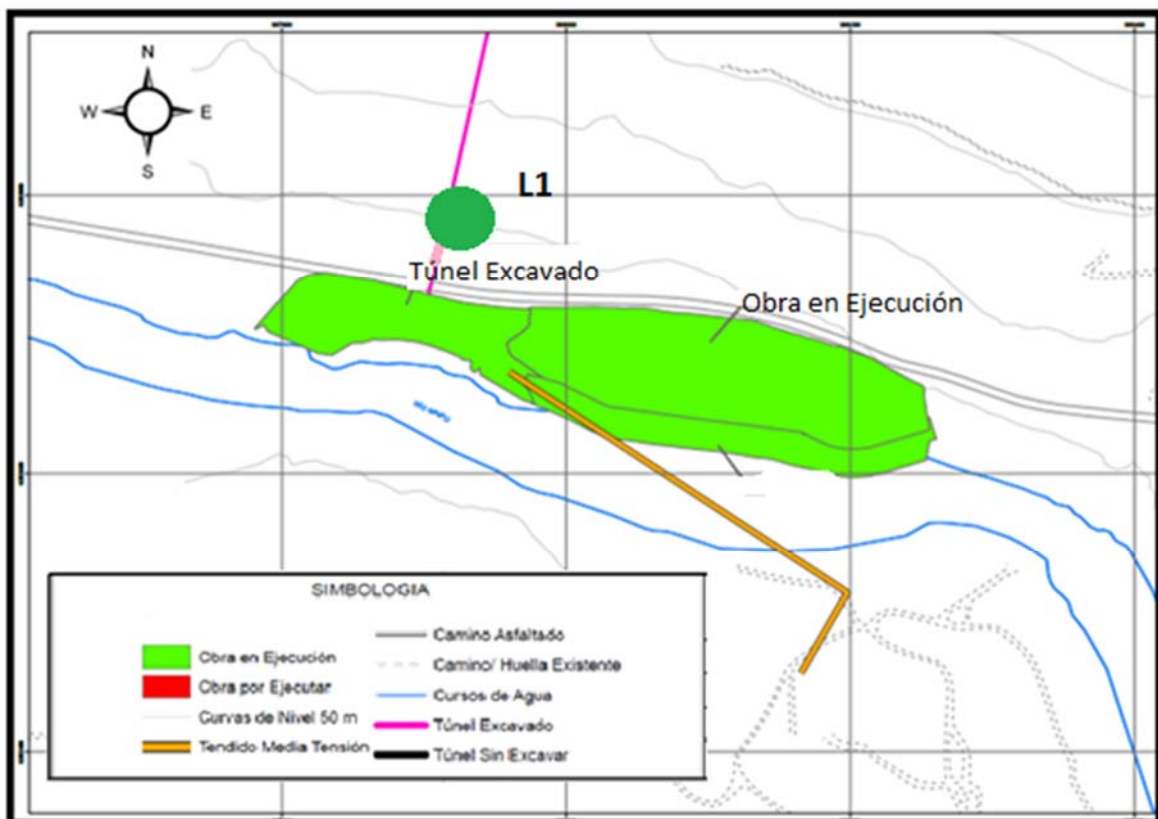


Figura 1.08. Avance proyecto sector El Manzano. (Elaboración propia, 2016)

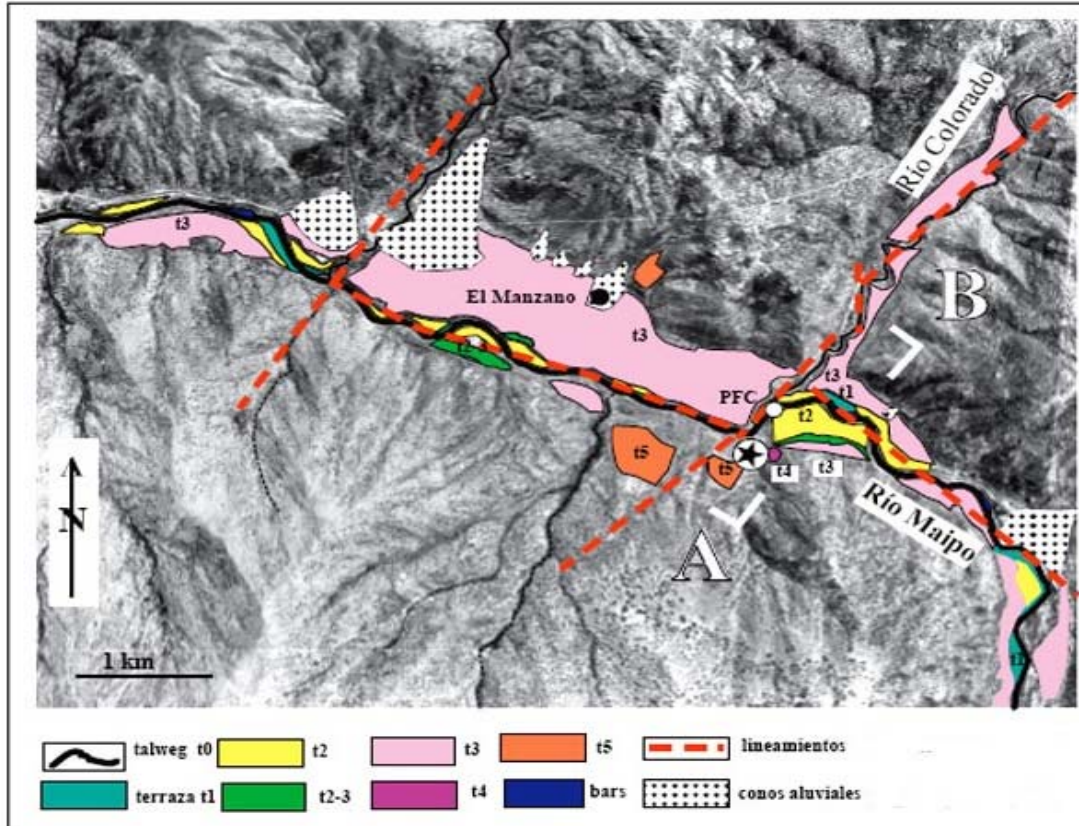


Figura 1.09. Terrazas sector El Manzano. (Lavenu, *et al.*, 2008)

Como aclaración, antes de comentar la figura anterior, cuando se hace mención a las terrazas, estamos contemplando los distintos niveles existentes en el área, desde el nivel 0 que es el lecho del río hasta el nivel más alto que corresponde a la terraza 5.

El nivel t0 corresponde al talweg o lecho menor del río actual, equivalente al nivel de estiaje, coincidente con el trazado del río en el mapa a escala 1:50.000 (IGM). La confluencia de los ríos Maipo y Colorado se estima en 880 msnm. La sedimentación actual se limita a bancos de material grueso y escasa arena, caracterizando un régimen fluvial torrencial.

La terraza t1 está muy reducida debido a la fuerte erosión actual del río en estación de lluvias (invierno) y corresponde a algunos depósitos ubicados a menos de 1 o 2 m por sobre el cauce actual. Sobre ella, se desarrolla un poco de vegetación, pero durante las crecidas es cubierta por las aguas del río y actúa como una llanura de inundación.

La terraza t2 está mejor desarrollada y se ubica a una altura de 896 m (punto de nivelación) siempre por debajo de la curva de nivel 900 m. Esta terraza se encuentra

alrededor de 15 m por encima de t0; sobre ella crecen arbustos y árboles y no la alcanzan las crecidas normales de invierno. El puente de ferrocarril se encuentra sobre esta terraza.

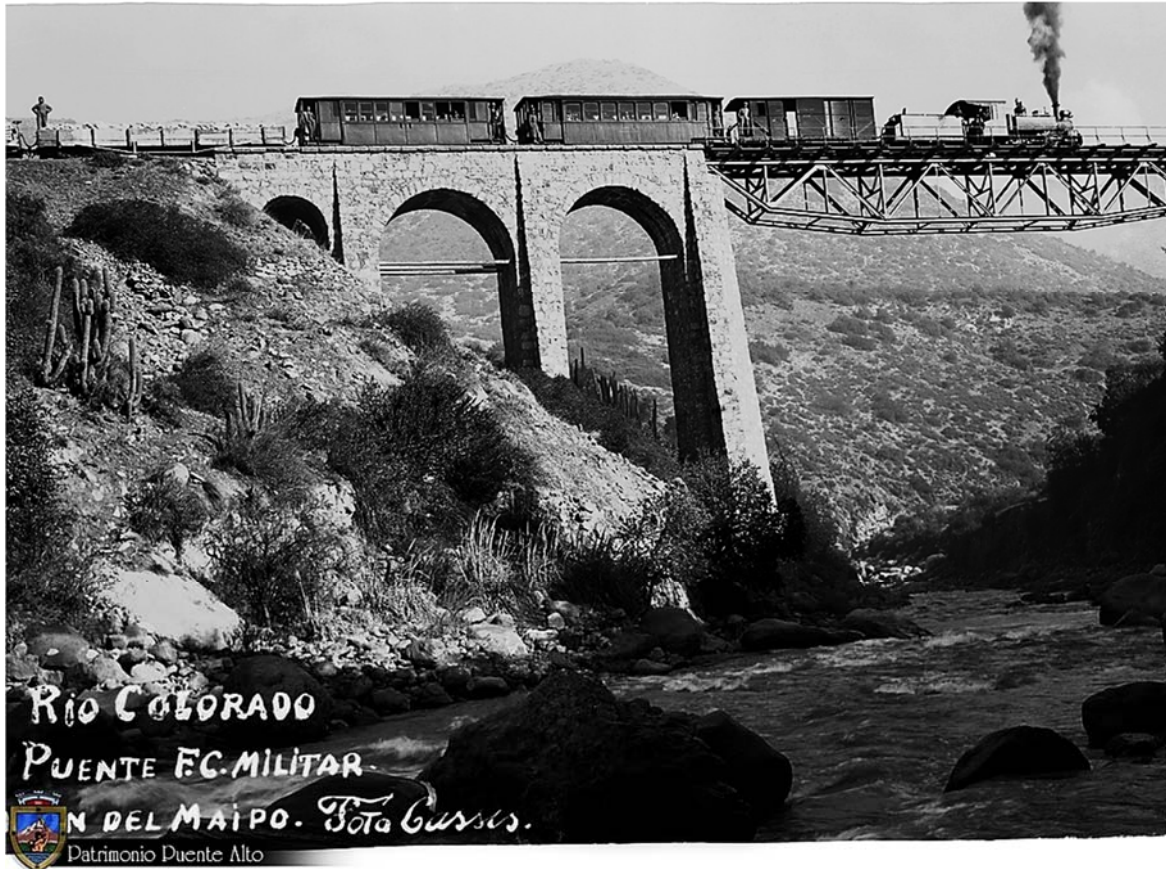


Figura 1.10. Fotografía del puente de ferrocarril (PatrimonioPuenteAlto, 2013)

La terraza t3 está muy desarrollada en el sector norte (920 m de altura y 40 m encima de t0). Ésta se encuentra poblada y su superficie está ocupada por campos y cultivos. El puente del camino, llamado El Colorado, está al nivel de esta terraza t3.

La terraza t4, está constituida por conglomerados y se ubica a unos 950 m de altura, 70 m encima de la terraza t0.

Por último, la terraza t5 se ubica unos 500 m al sur de la confluencia de los ríos Maipo y Colorado. Los remanentes de esta terraza no presentan una superficie plana muy desarrollada, pero presentan un corte en sedimentos fluviales, apoyándose y descansando sobre paleorrelieves de brecha volcánica de la Formación Abanico (Lavenu A, Cembrano J. Julio, 2008).

En la siguiente figura, el punto de color rojo es el sector de muestreo del Informe de aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo, elaborado por el Dr. Tchernitchin, muestra CMA-263, obtenida el 24 de noviembre del 2015; esta muestra fue realizada en aguas de pozo del sector Comunidad Lomas del Manzano, a las 20:27 horas, del mencionado día.



Figura 1.11. Sector El Manzano. (Elaboración propia, 2016)

Analizando el contexto espacial donde se emplaza la obra en el sector El Manzano y el punto de muestreo en el pozo, **el resultado de esta muestra no está relacionado por el desarrollo de las obras ya que son puntos distantes entre sí por más de 2 Km e independientes debido a la morfología; considerando además que el pozo muestreado se encuentra en la terraza t3, sobre un cono coluvial constituido por materiales de arrastre como escombro de faldas gravitacionales y con escurrimiento intermitente de agua locales, y no tiene ninguna relación espacial con las escorrentías superficiales.** Además, hay que mencionar que el día 24 de noviembre el túnel de descarga Las Lajas tenía un avance de 188,3 m de longitud, a una distancia aproximada de 3,2 Km. Considerando que la ruta por excavar al término del proyecto, el punto más cercano a este sector de muestreo estará a unos 1,6 Km aproximados de distancia,

atravesando los cerros, ***la excavación de los túneles no tiene ni tendrá influencia de contaminación en las terrazas donde se encuentra emplazada la población.***

## **DESCRIPCIÓN DE LA MICROZONA Y SITUACIÓN AL 24 DE NOVIEMBRE DE 2015: AUCAYES**

### **Sector Aucayes**

Central Las Lajas: Diseñada para un caudal de 65 m<sup>3</sup>/s, recibirá las aguas generadas por las centrales Alfalfal I y Alfalfal II, además de los aportes de la cuenca media del río Colorado ubicada entre las bocatomas de la central Alfalfal I (Colorado y Olivares) y la actual bocatoma de la central Maitenes. A ello se agregará el aporte de la quebrada Aucayes.

La central Las Lajas considera una cámara de carga, ubicada en la ribera derecha del río Colorado.

Las aguas captadas en la bocatoma Maitenes serán conducidas por un canal ubicado en la ribera izquierda del río Colorado, ambos existentes. El cruce hacia la cámara de carga de Las Lajas se logra mediante un sifón bajo el río.

La aducción de la central Las Lajas contempla un ducto que cruza el río Colorado, mediante sifón, y enlaza con el túnel Las Lajas. El túnel Las Lajas recibirá el aporte proveniente del túnel de descarga de la central Alfalfal II; además, este túnel, que recibirá en su recorrido el aporte del estero Aucayes, contempla una chimenea de equilibrio y terminará en un pique de presión que alimentará las turbinas. La altura bruta de caída será de 485 m.

La casa de máquinas estará ubicada en la ribera sur del río Colorado, en una caverna excavada en el macizo rocoso. El equipamiento de generación contará con dos turbinas Pelton de 135 MW de potencia nominal cada una.

El túnel de descarga de la central Las Lajas descargará sus aguas directamente en el río Maipo, en el sector de Las Lajas, como se explicó anteriormente.

Las figuras que se muestran a continuación indican el emplazamiento de la obra en el sector denominado Aucayes.

Las áreas de color verde indican las obras en ejecución, las de color café las obras ya ejecutadas, las de color rojo las obras por ejecutar.

Las líneas de color rosado son los túneles ya excavados que entre el 18 y 23 de noviembre, VA1 tenía un avance de 1.276,3 m de longitud y VA2, 168,8 m de longitud; las líneas de color negro son los túneles por excavar.

Los puntos en color verde indican las ventanas de los túneles, los de color amarillos con letra y número los lugares de muestreo del plan de seguimiento que desarrolla el PHAM, los puntos amarillos con nombres son los topóminos del estero Aucayes y el río Colorado.

Finalmente los puntos rojos indican el sector de muestreo del Informe de aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo elaborado por el Dr. Tchernitchin - Muestras CMA-261 y 262 obtenidas el 24 de noviembre del 2015.

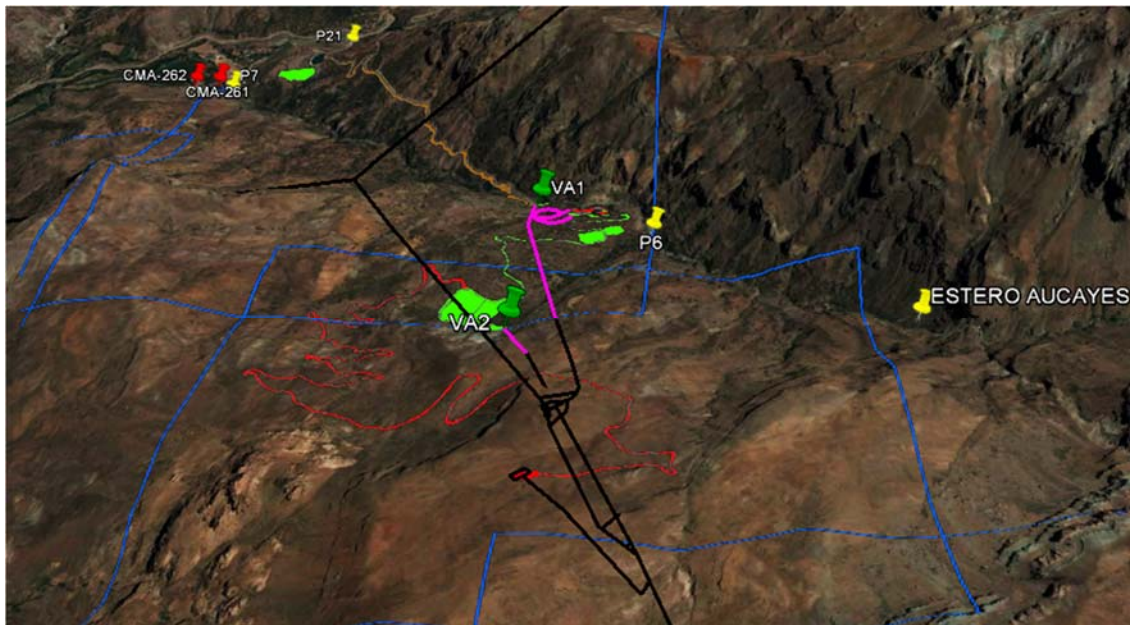


Figura 1.12. **Obra en el sector Aucayes, vista general desde sector alto del estero Aucayes.** (Elaboración propia a partir de datos proporcionados por Alto Maipo SpA., 2016)

La siguiente figura muestra las obras realizadas en el sector Aucayes vistas desde el camino principal El Volcán.



Figura 1.13. Sector Aucayes, vista desde camino El Volcán. (Elaboración propia, 2016)

En la siguiente figura se exponen en mayor detalle los puntos muestreados, que se encuentran individualizados en el Informe de aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo -Muestras CMA- obtenidas el 24 de noviembre del 2015. La muestra CMA-261 fue tomada en el canal Aucayes a las 18:39 horas y la CMA-262 corresponde a agua de llave (procedente de vertiente y solo para fines recreacionales, no de consumo humano) tomada en el centro recreacional de Carabineros a las 19:39 horas.





Figura 1.14. **Detalle de puntos muestreados de Informe CENMA.** (Elaboración propia, 2016)

Para establecer una relación y apoyándonos con las imágenes anteriores, debemos mencionar la relación entre el Estero Aucayes y el talweg (línea de máxima profundidad donde escurren las aguas de un río) y el sitio muestreado por las entidades externas al PHAM, es necesario caracterizar la morfología del relieve del lugar. En la figura 13 se muestra la distancia existente entre la obra y el Estero Aucayes.

En primer lugar, la distancia entre las obras y el lugar del muestreo sería de 4 Km, que corresponde a la extensión longitudinal del escurrimiento del agua del Estero Aucayes.

En segundo lugar, en el sector del túnel las obras del proyecto están 2,13 Km distantes del talweg del Estero Aucayes.

En tercer lugar, el relieve existente entre los dos puntos antes mencionados es de alta agresividad, establecido en paredes de estructuras sinclinales con una distancia vertical estimada entre ambos sectores del orden de 600 metros.

**Estos tres antecedentes plantean la independencia orográfica entre el sector de muestreo correspondiente al 24 de noviembre 2015 y el campo de obras que ejecuta el Proyecto.** Estos aspectos serán analizados en mayor detalle en el capítulo 3 contexto espacial, donde se analizará bajo los criterios de la metodología ATSDR, para las distintas microzonas.

### **DESCRIPCIÓN DE LA MICROZONA Y SITUACIÓN AL 24 DE NOVIEMBRE DE 2015: EL YESO**

#### **Sector El Yeso**

Central Alfalfal II: Diseñada para un caudal de 27 m<sup>3</sup>/s, recibirá las aguas captadas desde esteros ubicados en la parte alta del río Volcán y del río Yeso, 700 m aguas abajo de la descarga del embalse. Desde el pozo de toma, el flujo será conducido a través de un ducto en presión, hasta el túnel de aducción de la central Alfalfal II. A poca distancia del comienzo del pique de caída, se ubicará la chimenea de equilibrio y la cámara de carga de esta Central. La altura bruta de caída se estima en 1.146 m.

La casa de máquinas se instalará en una caverna excavada en el macizo rocoso. El equipamiento de generación cuenta con dos turbinas Pelton de 136 MW de potencia nominal cada una.

El túnel de descarga de la central Alfalfal II entregará su caudal al túnel de aducción de la Central Las Lajas. El caudal generado por la central Alfalfal II puede direccionarse hacia la casa de máquinas de la Central Las Lajas, o bien, hacia la cámara de carga de esta última, en ambos casos vía el túnel antes mencionado.

La cuenca del río Yeso es de 637 Km<sup>2</sup> y está constituida por el cauce principal homónimo y por los cauces secundarios correspondientes a las quebradas y esteros

que nacen de las altas cumbres. El río Yeso se forma al pie del portillo de los Piuquenes de la confluencia de los ríos Yeguas Muertas y Plomo que viene del SE de la falda del cerro Marmolejo, y que a su vez recibe los aportes de los deshielos de las altas cumbres y glaciales.

La cuenca posee como cuerpos de importancia la Laguna Negra y Laguna Lo Encañado, así como el Embalse El Yeso. Estos cuerpos se formaron como consecuencia de un derrumbe prehistórico en El Mesón Alto, donde se movieron 4,3 Km<sup>2</sup> de material de roca. Producto de este derrumbe, el escurrimiento del río Yeso fue temporalmente interrumpido, así como el de los afluentes del mismo provenientes del NW (quebradas del Encañado y de Laguna Negra), con formación de lagunas (Negra, Lo Encañado y Yeso), los cuales posteriormente excavaron su cauce a través de los materiales deslizados. (ARCADIS, 2008a)

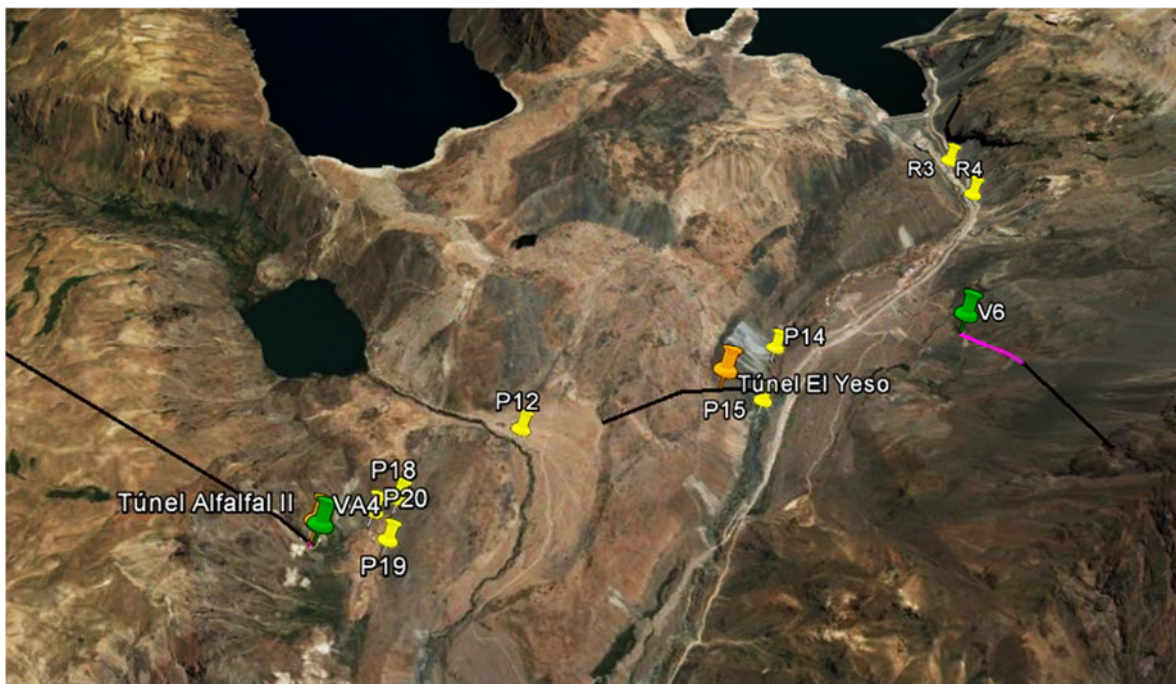


Figura 1.15. **Sector El Yeso.** (Elaboración propia, 2016)

La figura 15, muestra el emplazamiento de la obra en el sector denominado El Yeso.

Las líneas de color rosado son los túneles ya excavados y las líneas de color negro son los túneles por excavar

Los puntos en color verde indican las ventanas de los túneles, los de color amarillo con letra y número los lugares de muestreo del plan de seguimiento del Proyecto

De acuerdo con la descripción espacial de la zona del Yeso **y el campo de obras que ejecuta el PHAM, esta no se relaciona con el sector de muestreo del 24 de noviembre 2015 de Dr Tchernitchin.**

## DESCRIPCIÓN DE LA MICROZONA Y SITUACIÓN AL 24 DE NOVIEMBRE DE 2015: EL VOLCÁN

### Sector El Volcán

En el sector alto del río Volcán se captará hasta un máximo de 12,8 m<sup>3</sup>/s, por medio de 4 bocatomas que interceptan los esteros La Engorda, Colina, Las Placas y El Morado. El caudal recolectado se conducirá hasta el túnel El Volcán por medio de un ducto enterrado. Mediante este túnel las aguas captadas serán conducidas hasta el valle del río Yeso, donde se recibirá el aporte de la descarga del embalse a través de un ducto enterrado y un pozo de toma.

El tramo en los primeros 700 m desde la ventana de acceso en quebrada El Morado, cruza rocas de las formaciones Río Damas (600 m de conglomerados, areniscas y lutitas) y de la formación Lo Valdés (calizas con intercalación de lutitas negras).

Posteriormente, el tramo (aprox. 1.900 m de longitud) corresponde a la formación Lo Valdés (calizas con intercalación de lutitas negras) y formación Colimapu (areniscas rojas y rocas volcánicas andesíticas).

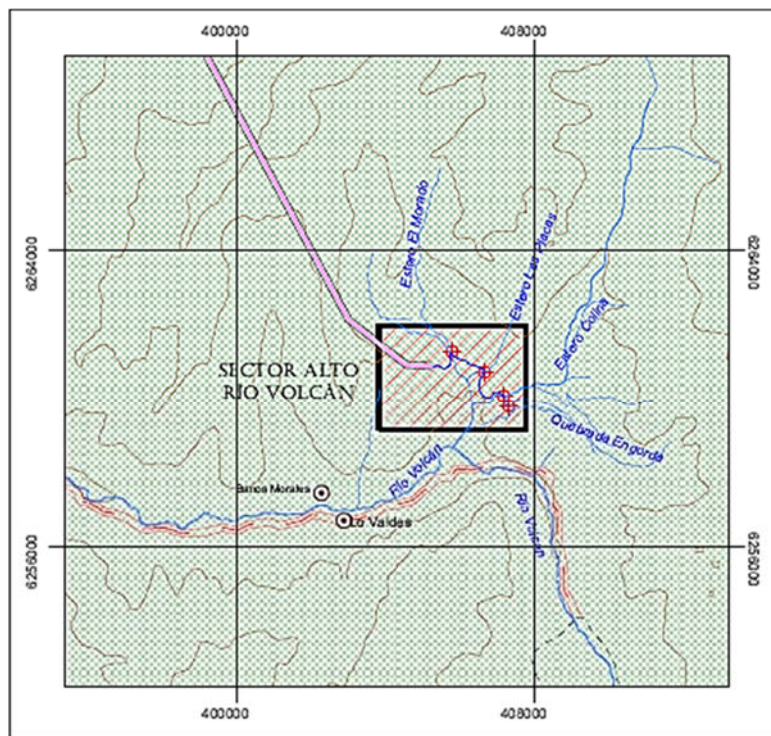
En el tramo de aproximadamente 3.400 m de longitud, se cruzan rocas de las formaciones Colimapu y de la Formación Abanico.

En el tramo de 4.400 m de longitud, las rocas se asignan todas a la Formación Abanico (rocas volcánicas andesíticas).

El último tramo que da al valle del Yeso, de 3.600 m de longitud, corresponde a rocas de la Formación Abanico (rocas volcánicas andesíticas).

El túnel El Volcán de 14 Km de longitud, se inicia a una cota aproximada de 2.500 msnm.

El contexto espacial del conjunto hidrográfico del sector El Volcán asociado al PHAM, está constituido por el río Volcán y por los siguientes esteros y quebradas: Estero El Morado, Estero Las Placas, Estero Colina y Quebrada La Engorda. En cada uno de éstos existe una **bocatoma para captar el agua** que ingresará al sistema Túnel V1, el cual se muestra como franja en color rosado en la figura N° 16 y presenta una orientación E-W y luego tuerce en dirección al Valle del Yeso Noroeste, completando un trayecto de 14 kilómetros. El avance de las obras relacionadas con la construcción del túnel en este sector al 23 de noviembre del 2015, es de 365 m de longitud y al 25 del mismo mes, tenía un avance de 375,2 m de longitud, es decir que se encuentra en la mitad de la formación Río Damas y Lo Valdés.



Mapa Ubicación General  
Esc. 1:300.000

Figura 1.16. **Hidrografía.** (ARCADIS, 2008b)

Los puntos rojos indican las bocatomas en el sector Alto El Volcán y la franja rosada es el túnel ya excavado.

A 2.500 metros de altura se encuentra el Valle de Las Arenas, que forma parte de la cuenca hidrográfica del río Volcán en su curso superior. Durante la mayor parte del año, todo el valle y sus cumbres se encuentran cubiertos por densas capas de nieve. Alrededor del mes de noviembre comienzan los deshielos, lo que genera depósitos de aguas que organizan humedales y charcos intermitentes, que alcanzan su mayor desarrollo en los meses estivales y desaparecen con la llegada de la estación invernal.

Es muy importante mencionar que esta conformación de humedales y charcos son **independientes de las redes hidrográficas locales**, ya que ocupan sitios deprimidos al pie de cerros colindantes adquiriendo una conformación morfológica de cuenca interior. En la figura 17 se muestra la independencia morfológica entre el charco y el área de campamento; ésta se sitúa 3 metros sobre el nivel de las aguas del charco o humedal de ciclo corto.



Figura 1.17. **Fotografías del humedal de ciclo corto, donde se visualiza en el plano de fondo, el campamento El Volcán, y el detalle de la profundidad de este acuífero.** (Elaboración propia, 2016)

En la figura 18 se visualizan las obras de la hidroeléctrica, donde la línea rosada es del túnel excavado, que para la fecha 24 de noviembre del 2015 tenía un avance de 367,4 m de longitud; los puntos de muestreo del plan de seguimiento del PHAM están en color amarillo; los puntos de color rojo CMA-259 y CMA-260 corresponden al lugar de muestreo del Informe CENMA de aguas del Cajón del Maipo y Alto

Maipo- muestras aguas naturales tomadas a las 12:40 horas y a las 12:56 horas respectivamente, el mismo día 24 de noviembre del 2015.

Se puede observar, la independencia geomorfológica en la localización de la zona de El Volcán y los puntos muestreados el 24 de noviembre 2015, por Dr Tchernitchin. Esto se analiza en detalle en el capítulo 3, para el análisis basado en la metodología ATSDR.



Figura 1.18. **Sector El Volcán.** (Elaboración propia, 2016)

En la visita a terreno del día 16 de febrero 2016, se observaron las actividades rutinarias de monitoreo de aguas a cargo de SGS. En las siguientes fotografías (Figura 19) se muestra estas acciones realizado por SGS para el Proyecto PHAM, en el Estero el Morado a una altura de 2.500 msnm. El objetivo de esta actividad fue verificar en terreno si efectivamente se estaban siguiendo los procedimientos establecidos por norma para la toma de muestras en agua superficiales que realiza el Proyecto habitualmente en el marco del plan de seguimiento de aguas superficiales.



Figura 1.19. Fotografías tomadas en terreno de actividad de muestreo para monitoreo, como parte del plan de seguimiento de aguas superficiales de PHAM, realizado por SGS el día 16.02.2016. (Elaboración propia, 2016)

### Conclusiones

La Cordillera de los Andes, contexto espacial donde se desarrolla el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, es una cordillera joven, la cual tiene un origen volcánico y tectónico que le da característica de constante rejuvenecimiento o metamorfismo (transformación de la roca). Esto significa que, por una parte, el volcanismo está permanentemente rejuveneciendo el terreno con metales pesados y nuevos elementos minerales, provenientes de la estructura interna de la cordillera (magma: sílice, oxígeno, metales/metaloides [aluminio, flúor, manganeso, boro, plomo y hierro] y otras sales minerales [calcio, carbonato, azufre, estroncio, sodio, potasio]), y esto, junto a la tectónica, la moviliza hacia el océano pacífico. Esta característica de cambio constante determina que existan rocas más propensas a los efectos de deslizamientos en masa e inclemencias climáticas asociadas a fenómenos de erosión de distintos orígenes, destacando roca volcánica, principal componente de la Cordillera de los Andes, y, en especial, de los distintos relieves y cuencas del Cajón del Maipo.

El metamorfismo permanente de las rocas se encuentra relacionado con los cambios que experimenta la química del magma, que se expresa a través de las distintas emisiones volcánicas. Ejemplo de esto son los ciclos de erupciones con



alto porcentaje de flúor, como los volcanes Hudson y Lonquimay, y erupciones recientes con alto porcentaje de arsénico, como los volcanes Chaitén y Calbuco

Esta cordillera joven presenta una característica en su relieve con microcuencas que se suman para constituir grandes cuencas, conformando sitios de confinamiento natural. Estas microcuencas pueden estar interconectadas llegando a cursos de ríos, pero no son lo más frecuentemente observado, por el contrario, la mayor frecuencia se da, inclusive, con macrocuencas no interconectadas entre sí, y, por lo tanto, se limitan los escurrimientos de aguas superficiales a estas zonas. Esta es una de las razones por lo cual el PHAM debe efectuar interconexiones de tipo antrópico para utilizar el recurso hídrico existente en éstas.

La conformación rocosa superficial de la zona del Cajón del Maipo, se caracteriza principalmente por rocas de origen volcánico en dos edades fundamentales, la más antigua de la formación abanico, y la más reciente de la formación farellones. Esto significa una antigua formación volcánica, como sustrato donde transitan las aguas de los ríos en su porción más profunda y puntos bajos de los valles o lecho de los ríos; mientras que farellones se refiere a las zonas nuevas en altura, es decir, las cimas y formaciones volcánicas jóvenes que rompen las antiguas formaciones, heredando y generando el relieve actual. Este relieve se describe como caracterizado por profunda erosión y gran inestabilidad de laderas producto de que la roca volcánica no tiene una gran resistencia de la acción del clima. Las pendientes son abruptas, con rápido arrastre de materiales por efecto de deslizamientos en masa y eventual llegada a los cursos de ríos superiores. En las microcuencas este movimiento a río no se produce, sino que se confina por largos tiempos hasta la ocurrencia de grandes acontecimientos como deshielos masivos o lluvias en invierno.

Algunas de las características más importantes a destacar en la descripción del área son que las microcuencas no se encuentran interconectadas; que los puntos de muestreo aislados del Dr. Tchernitchin no son representativos del impacto de las actividades del PHAM; y que los avances de la obra a la fecha, no constituyen

acúmulos de residuos capaces de causar lixiviación, modificar las microcuencas, ni afectar los cauces de vertientes locales.

Además, el fenómeno volcánico permanente de rejuvenecimiento de la cordillera que aporta al ambiente elementos tales como aluminio, manganeso, boro, plomo y hierro, explica los permanentes altos niveles naturales históricos de éstos en las aguas desde mucho antes del inicio de las obras del PHAM, es decir, no es consecuencia de las obras recientes del Proyecto.

### **Fuentes de Información:**

- 1.1. ARCADIS Geotecnica Consultores. 2008a. Estudio de Impacto Ambiental hidroeléctrica Alto Maipo: Línea Base. Cap. 5.
- 1.2. ARCADIS Geotecnica Consultores. 2008b. Lámina 6.4.1.1. Estudio de Impacto Ambiental hidroeléctrica Alto Maipo: Línea Base. Chile.
- 1.3. Dirección General de Aguas (DGA). 2004. Cuenca del Río Maipo: Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivo de calidad. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile. p. 7
- 1.4. Dirección Meteorológica de Chile (DMC). 2016. Descripción Climatológica: Región Metropolitana. Dirección General Aeronáutica Civil. Gobierno de Chile. Visitado el 28 de febrero de 2016, disponible en: [http://www.meteochile.cl/climas/climas\\_region\\_metropolitana.html](http://www.meteochile.cl/climas/climas_region_metropolitana.html)
- 1.5. Lavenu A, Cembrano J. Julio, 2008. Deformación compresiva cuaternaria en la Cordillera Principal de Chile central Cajón del Maipo. Revista Geológica de Chile. Vol. 35 (2): 233-252.
- 1.6. PAC Consultores. 2010. "Plan de Desarrollo Comunal San José de Maipo". Actualización Plan de Desarrollo Comunal. Ilustre Municipalidad de San José de Maipo. Gobierno de Chile. Región Metropolitana, Chile. Pág. 35 - 41.
- 1.7. Patrimonio Puente Alto. 2013. Galería Histórica. Ilustre Municipalidad de Puente. Visitado el 25 de marzo, disponible en: <https://www.flickr.com/photos/impuentealto/sets/72157626025050298/with/5435876247/>
- 1.8. SERNAGEOMIN. 2016. Red de Vigilancia Volcánica. Ministerio de Minería. Gobierno de Chile. Visitado el 01 de marzo de 2016, disponible en: <http://www.sernageomin.cl/volcanes.php>

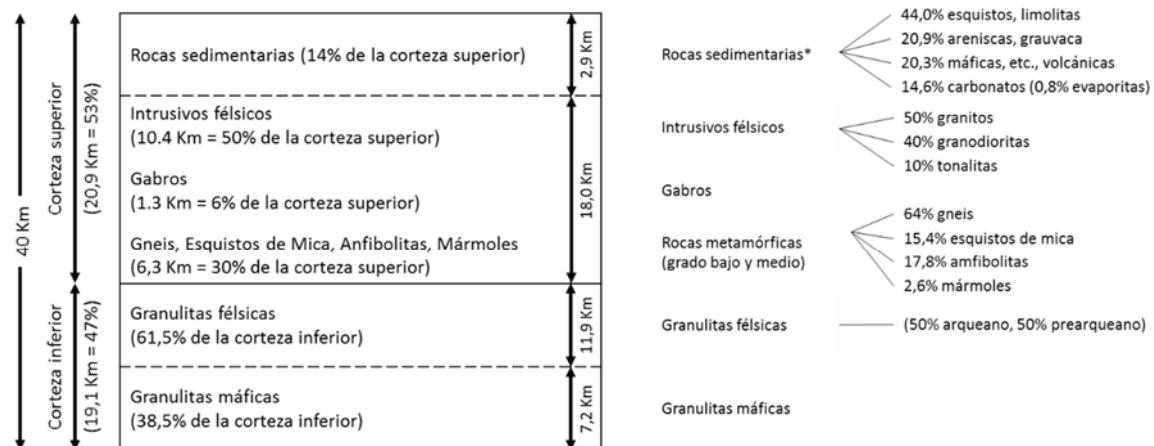
## Capítulo II

### Segundo paso: Determinar contaminantes de interés

#### MATRIZ SUELO:

#### Características de la corteza terrestre

La corteza, en el caso europeo como ejemplo, compromete el escudo Arqueano y Proterozoico Fenoescandinavo con 45,5 Km de profundidad promedio, los cinturones plegados del Proterozoico Tardío y el Fanerozoico con un grosor de corteza de 30 Km, y los cordones montañosos Alpinos jóvenes producto de la colisión de los continentes. Esto da una proporción, que se repite en diferentes continentes, de un 60% de escudo antiguo y un 40% de escudo joven, dando un grosor global promedio de 40 Km, que se divide en dos secciones de corteza de diferente edad. Además, la corteza se puede subdividir en la corteza superior y la corteza inferior. Cada una de ellas se subdivide en distintos perfiles. (Wedepohl, 1995)



\*Abundancias en 73% de geosinclinas y 27% plataformas

Figura 2.01. Perfil estándar de la corteza continental (Wedepohl, 1995)

La corteza continental posee distintos elementos que componen los perfiles de cada capa (tabla 2.01), representando estos elementos distintas cantidades en cada macroestrato de la corteza (tabla 2.02).

Tabla 2.01. Concentraciones de elementos en la corteza continental (Wedepohl, 1995)

Elemento	Cantidad	Elemento	Cantidad	Elemento	Cantidad
O	47,2%	Nd	27 ppm	Mo	1,1 ppm
Si	28,8%	Cu	25 ppm	Br	1,0 ppm
Al	7,96%	Co	24 ppm	W	1,0 ppm
Fe	4,32%	Y	24 ppm	I	800 ppb
Ca	3,85%	Nb	19 ppm	Ho	800 ppb
Na	2,36%	Li	18 ppm	Tb	650 ppb
Mg	2,20%	Sc	16 ppm	Tl	520 ppb
K	2,14%	Ga	15 ppm	Lu	350 ppb
Ti	4.010 ppm	Pb	14,8 ppm	Tm	300 ppb
C	1.990 ppm	B	11 ppm	Sb	300 ppb
P	757 ppm	Th	8,5 ppm	Se	120 ppb
Mn	716 ppm	Pr	6,7 ppm	Cd	100 ppb
S	697 ppm	Sm	5,3 ppm	Bi	85 ppb
Ba	584 ppm	Hf	4,9 ppm	Ag	70 ppb
F	525 ppm	Gd	4,0 ppm	In	50 ppb
Cl	472 ppm	Dy	3,8 ppm	Hg	40 ppb
Sr	333 ppm	Cs	3,4 ppm	Te	(5) ppb
Zr	203 ppm	Be	2,4 ppm	Au	2,5 ppb
Cr	126 ppm	Sn	2,3 ppm	Pd	0,4 ppb
V	98 ppm	Er	2,1 ppm	Pt	0,4 ppb
Rb	78 ppm	Yb	2,0 ppm	Re	0,4 ppb
Zn	65 ppm	As	1,7 ppm	Ru	0,1 ppb
N	60 ppm	U	1,7 ppm	Rh	0,06 ppb
Ce	60 ppm	Ge	1,4 ppm	Os	0,05 ppb
Ni	56 ppm	Eu	1,3 ppm	Ir	0,05 ppb
La	30 ppm	Ta	1,1 ppm		

De estos elementos, oxígeno, silicio y aluminio representan más del 80% de la corteza continental. Otros elementos, como titanio, carbono, fósforo, manganeso, azufre, flúor, cloro, arsénico, mercurio, plomo y selenio, los cuales se encuentran en concentraciones del orden de ppb o ppm, corresponden a casi el 1% de los elementos constituyentes de la corteza, siendo posible considerarlos como elementos traza.

Tabla 2.02. **Concentraciones de elementos (ppm) en la corteza continental superior e inferior (Wedepohl, 1995)**

Elemento	Corteza superior	Corteza inferior	Relación CS/CI	Elemento	Corteza superior	Corteza inferior	Relación C.S/CI
Si	303.480	271.330	1,118	Pb	17,000	12,500	1,360
Al	77.440	82.120	0,943	B	17,000	5,000	3,400
Fe	30.890	57.060	0,541	Th	10,300	6,600	1,561
Ca	29.450	48.600	0,606	Pr	6,300	7,400	0,851
Na	25.670	21.200	1,211	Sm	4,700	6,000	0,783
Mg	13.510	31.550	0,428	Hf	5,800	4,000	1,450
K	28.650	13.140	2,180	Gd	2,800	5,400	0,519
Ti	3.117	5.010	0,622	Dy	2,900	4,700	0,617
C	3.240	588	5,510	Sn	2,500	2,100	1,190
P	665	872	0,763	Cs	5,800	0,800	7,250
Mn	527	929	0,567	As	2,000	1,300	1,538
S	953	408	2,336	Yb	1,500	2,500	0,600
Ba	668	568	1,176	U	2,500	0,930	2,688
F	611	429	1,424	Br	1,600	0,280	5,714
Cl	640	278	2,302	Ge	1,400	1,400	1,000
Sr	316	352	0,898	Be	3,100	1,700	1,824
Zr	237	165	1,436	Mo	1,400	0,600	2,333
Cr	35	228	0,154	Eu	0,950	1,600	0,594
V	53	149	0,356	Ta	1,500	0,840	1,786
Rb	110	41	2,683	I	1,400	0,140	10,000
Zn	52	79	0,658	Ho	0,620	0,990	0,626
N	83	34	2,441	W	1,400	0,600	2,333
Ce	65,700	53,100	1,237	Tb	0,500	0,810	0,617
Ni	18,600	99,000	0,188	Tl	0,750	0,260	2,885
Nd	25,900	28,100	0,922	Lu	0,270	0,430	0,628
La	32,300	26,800	1,205	Sb	0,310	0,300	1,033
Cu	14,300	37,400	0,382	Cd	0,102	0,101	1,010
Co	11,600	38,000	0,305	Ag	0,055	0,080	0,688
Y	20,700	27,200	0,761	Bi	0,123	0,037	3,324
Nb	26,000	11,300	2,301	Se	0,083	0,170	0,488
Li	22,000	13,000	1,692	In	0,061	0,052	1,173
Sc	7,000	25,300	0,277	Hg	0,056	0,021	2,667
Ga	14,000	17,000	0,824				

De los elementos identificados como los tres principales, silicio y aluminio poseen una relación cercana a 1, para sus proporciones entre las distintas capas de la

corteza. De los demás elementos, destacan arsénico, que se presenta 1,5 veces más en la porción superficial, respecto de la interna, mientras que esta relación se presenta como de 3,4 veces para boro. Una proporción similar a arsénico es manifestada por flúor y plomo, en tanto fierro se presenta con mayor concentración en la capa interior, donde sólo un tercio de este metal está presente en la capa superficial. Esta proporción de 1:3 se repite para manganeso y selenio.

La Cordillera de los Andes, contexto espacial donde se desarrolla el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM), es una cordillera joven, la cual tiene un origen volcánico y tectónico que le da característica de constante rejuvenecimiento o metamorfismo (transformación de la roca). Esto significa que por una parte, el volcanismo está permanentemente rejuveneciendo el terreno con metales pesados y nuevos elementos minerales, provenientes de la estructura interna de la cordillera (magma: sílice, oxígeno, metales/metaloides [aluminio, flúor, manganeso, boro, plomo, hierro] y otras sales minerales [calcio, carbonato, azufre, estroncio, sodio, potasio]), y esto, junto a la tectónica, hace que se movilicen hacia el océano pacífico. Esta característica de cambio constante determina que existan rocas más propensas a los efectos de deslizamientos en masa e inclemencias climáticas asociadas a fenómenos de erosión de distintos orígenes, destacando la roca volcánica, principal componente de la Cordillera de los Andes y, en especial, de los distintos relieves y cuencas del Cajón del Maipo.

El metamorfismo permanente de las rocas se encuentra relacionado con los cambios que experimenta la química del magma, que se expresa a través de las distintas emisiones volcánicas. Ejemplo de esto son los ciclos de erupciones con alto porcentaje de flúor, como los volcanes Hudson y Lonquimay, y erupciones recientes con alto porcentaje de arsénico, como los volcanes Chaitén y Calbuco.

Esta cordillera joven presenta una característica en su relieve con microcuencas que se suman para constituir grandes cuencas, conformando sitios de confinamiento natural. Estas microcuencas pueden estar interconectadas llegando a cursos de ríos, pero no son lo más frecuente observado, por el contrario, la mayor frecuencia se da, inclusive, con macrocuencas no interconectadas entre sí, y, por lo

tanto, se limitan los escurrimientos de aguas superficiales a estas zonas. Es por esta razón que el PHAM debe efectuar interconexiones de tipo antrópica para utilizar el recurso hídrico existente en estas.

La conformación rocosa superficial de la zona del Cajón del Maipo, se caracteriza principalmente por rocas de origen volcánico en dos edades fundamentales, la más antigua de la formación abanico, y la más reciente de la formación farellones. Esto significa una antigua formación volcánica, como sustrato donde transitan las aguas de los ríos en su porción más profunda y puntos bajos de los valles o lecho de los ríos; mientras que farellones se refiere a las zonas nuevas en altura, es decir, las cimas y formaciones volcánicas jóvenes que rompen las antiguas formaciones, heredando y generando el relieve actual. Este relieve se describe como caracterizado por profunda erosión y gran inestabilidad de laderas producto de que la roca volcánica no tiene una gran resistencia a la acción del clima. Las pendientes son abruptas, con rápido arrastre de materiales por efecto de deslizamientos en masa y eventual llegada a los cursos de ríos superiores. En las microcuencas este movimiento a los ríos no se produce, sino que se confina por largos tiempos hasta la ocurrencia de grandes acontecimientos como deshielos masivos o lluvias en invierno.

La conformación química del material en remoción se relaciona con los componentes de la corteza.

La formación farellones corresponde a descomposición de la roca, con predominio de arcillas con componentes de metales y sales donde destacan aluminio, flúor, boro y plomo; mientras que la formación abanico se caracteriza por basaltos y andesitas, llamadas brechas, las cuales son rocas básicas de minerales oscuros como potasio, fósforo, flúor, magnesio y en menor proporción, plomo.





Figura 2.02. **Formación Farellones, estero El Morado.** En su porción inferior se observan deslizamientos en masa en dirección al estero. (Elaboración propia, 2016)



Figura 2.03. **Formación Abanico, piedra Basalto Porfírico, con alto contenido de magnesio, plomo, flúor, boro, aluminio y hierro (análisis espectro IR).** (Elaboración propia, 2016)

0.9377	SensIRcc.lib[710]	Florisil (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.9144	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.9024	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8595	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.8481	SensIRcc.lib[2388]	Aluminum phosphate	7784-30-7
0.8425	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commercial)	12269-78-2
0.8400	SensIRcc.lib[2814]	Cerium III sulfate	13454-94-9
0.8357	SensIRcc.lib[2428]	Ferric subsulfate	1310-45-8
0.8298	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3

Para establecer la correlación entre los distintos componentes (naturales y antrópicos) de la cuenca y su relación causal o de origen, la metodología ATSDR considera los distanciamientos de 2 Km de radio para agua-suelo-aire como zonas de influencia, ya sea de una fuente natural o antrópica, pero exige, como parte

importante, el análisis de los componentes naturales del área, las cuales se relacionan con el relieve, clima, cursos de aguas, rutas ambientales y contaminantes de interés. No basta estar dentro del radio de 2 Km para establecer una relación de causalidad, ya que debe existir una ruta que conecte la fuente emisora con el punto de inmisión (receptor) y para efectos del riesgo poblacional, una población expuesta y la identificación de la vía de exposición e ingreso involucrada (oral-inhalatoria-dermal), así como las concentraciones de riesgo de una o más sustancias.

### **La Técnica de Espectrometría Infrarroja:**

La espectrometría infrarroja (IR) de una molécula es el resultado de la absorción de la radiación electromagnética de energía apropiada dando lugar a estiramiento y flexión dentro de la molécula (Hodgson, 2015).

Es una técnica espectroscópica que se fundamenta en la absorción de la radiación IR por las moléculas en vibración. Una molécula absorberá la energía de un haz de luz infrarroja cuando dicha energía incidente sea igual a la necesaria para que se dé una transición vibracional de la molécula, es decir, la molécula comienza a vibrar de una determinada manera gracias a la energía que se le suministra mediante luz infrarroja.

La espectroscopia infrarroja tiene su aplicación más inmediata en el análisis cualitativo: detección de las moléculas presentes en el material.

En la zona del espectro electromagnético IR con longitudes de onda del infrarrojo medio (entre 4000 y 1300  $\text{cm}^{-1}$ ) se suele observar una serie de bandas de absorción provocadas por las vibraciones entre únicamente dos átomos de la molécula. Estas vibraciones derivan de grupos que contienen hidrógeno o de grupos con dobles o triples enlaces aislados.

En la zona del espectro electromagnético IR con longitudes de onda comprendidas entre 1300 y 400  $\text{cm}^{-1}$  (infrarrojo lejano), la asignación de las bandas de absorción a vibraciones moleculares es más difícil de realizar, debido a que cada una de ellas está generada por absorciones individuales sumadas (multiplicidad de las bandas).

Es la denominada zona de la huella dactilar (flexión de enlaces CH, CO, CN, CC, etc.). Esta zona de longitudes de onda tiene pequeñas diferencias en la estructura y constitución de las moléculas dando lugar a variaciones importantes en los máximos de absorción.

Su resolución es dependiente de la fase (gas, líquido o sólido) empleada, pero es usualmente de  $1 - 4 \text{ cm}^{-1}$ . Los límites de detección cuando el promedio de señales es empleado, son tan bajos como unos pocos nanogramos. La espectroscopía IR es más útil para la identificación de compuestos porque sus espectros son únicos incluso para compuestos estructuralmente similares. Los grupos funcionales de las moléculas orgánicas poseen características de absorción que permiten que uno pueda deducir su presencia en la molécula, independiente de cualquier otra característica estructural del compuesto (Hodgson, 2015).

## Equipo

IDENTIFY IRw

Marca: SmithsDetection

Dadas las características del equipo, cada vez que se lo enciende y como parte de su protocolo interno, éste efectúa una autocalibración previa, inmediatamente antes del procesamiento de muestras,

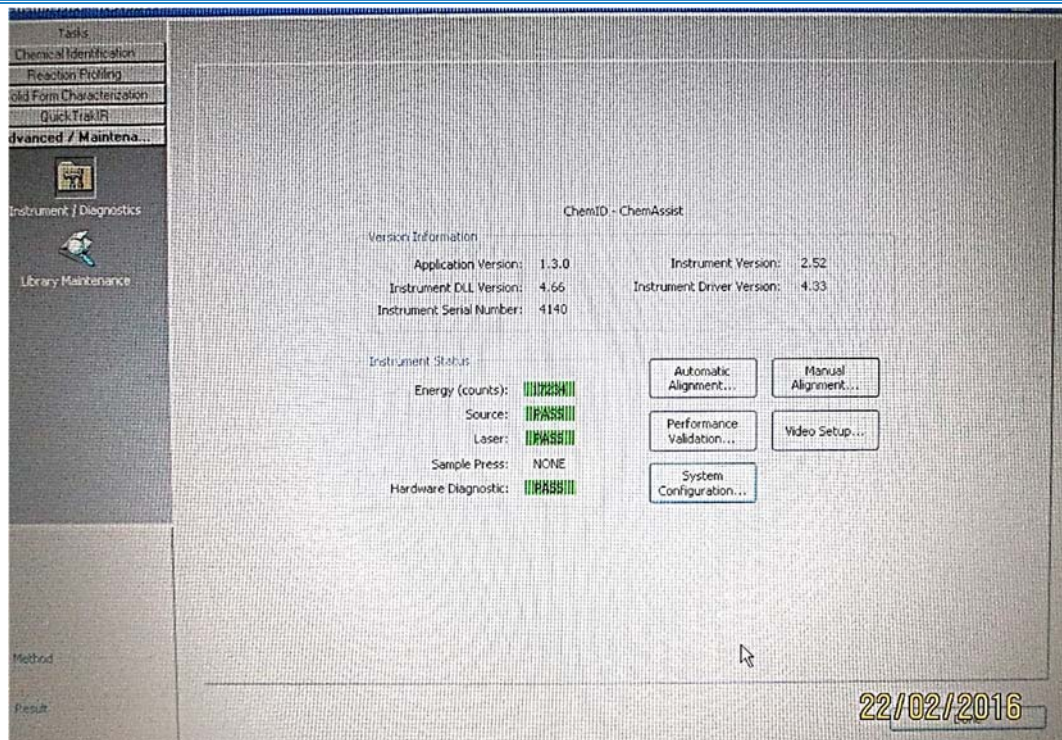


Figura 2.04. **Fotografía de autocalibración del equipo** (Elaboración propia, 2016)

Sistema de auto calibración automática, que da la partida para inicio de análisis de una muestra

Características: Instrumento de análisis en miniatura (7" x 15" x 14") fácil de usar que permite obtener resultados exactos y comprobables. Capaz de identificar y analizar micro-muestras como cristales, líquidos, gases, muestras biológicas; su nivel de detección es de ppb.

**ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA IR DE MUESTRAS DE ROCAS REPRESENTATIVAS DE LOS COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS DE LAS MICROZONAS**

Durante las visitas 1 y 2 a terreno en febrero de 2016, se efectuaron muestreos de las rocas relacionadas con el componente natural del sitio, para lo cual se efectuó la clasificación geomorfológica de ellas y además el análisis del espectro IR para establecer la identidad de compuestos metálicos y sales.

**Estudio de los componentes geomorfológicos de la macrozona Cajón del Maipo e identificación de metales que conforman la roca natural:**

**RESULTADOS**

**M1 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.05. **Fotografías de muestra y zona que representa** (a< Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Basalto metamórfico

Volcánico formación abanico en Alto Yeso y Río Colorado

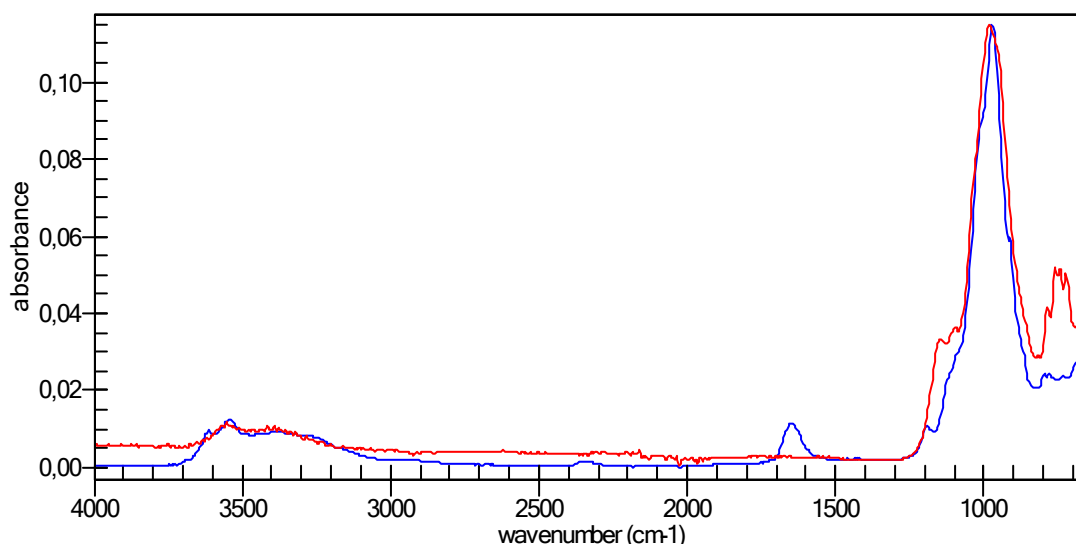
Tabla 2.03. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

## Figura 06. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 22/02/2016 16:42:22  
 Report generated on 22/02/2016 17:20:56  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— Basalto metamórfico Alto Yeso y Rio Colorado  
 — Attapalгите, Attapalгus, GA

### Library Matches

0.9468	SensIRcc.lib[714]	Attapalгите, Attapalгus, GA	
20.9452	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.9423	SensIRcc.lib[713]	Attapalгите, crude, Attapalгus, GA	
0.9220	SensIRcc.lib[743]	Montmorillonite Santa Rita, NM	1318-93-0
0.9198	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commerical)	12269-78-2
0.9192	SensIRcc.lib[742]	Montmorillonite, Combe Hay, Someussetshire, England	1318-93-0
0.9180	SensIRcc.lib[745]	Nontronite, Garfield, Wash	
.9172	SensIRcc.lib[728]	Hydromica (Potash Bentonite) High Bridge, KY	
.9164	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9159	SensIRcc.lib[729]	Illite, Morris IL,	
0.9145	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.9122	SensIRcc.lib[741]	Montmorillonite Chambers, AZ	1318-93-0
0.9115	SensIRFibers.lib[193]	Glass Fiber (Insulsafe-Certainteed-CTS#A0219)	
0.9091	SensIRcc.lib[740]	Montmorillonite Nutfield, Surrey, Engand	1318-93-0
0.9086	SensIRcc.lib[720]	Halloysite Cadouin, France	
0.9036	SensIRFibers.lib[194]	Glass Fiber (Resin Bonded Glass-Certainteed-CTS#A0220)	
0.8973	SensIRcc.lib[750]	Saponite, Big Sandy (Processed) Kingman	
0.8901	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8416	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.7854	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.7631	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.7616	SensIRcc.lib[2699]	Potassium Phosphate Tribasic	7778-53-2
0.7610	SensIR_Tx.lib[253]	Kaolin	1332-58-7

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M2 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.07. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Basalto metamórfico en formación abanico

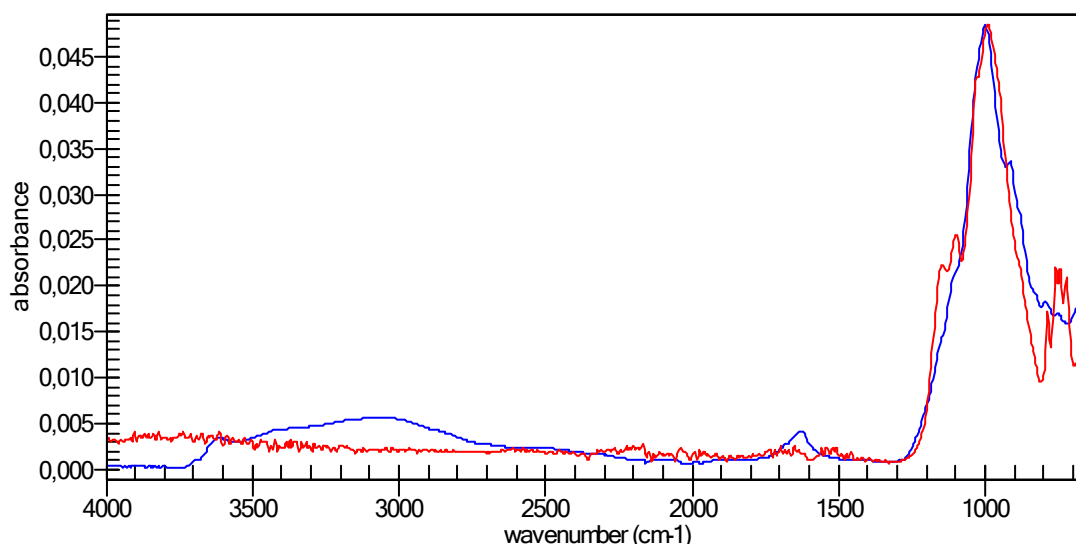
Tabla 2.04. **Posición Geomórficas para muestras de roca o vistas de paisaje**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

## Figura 2.08. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 22/02/2016 16:07:12  
 Report generated on 22/02/2016 17:21:12  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— Basalto Metamórfico  
 — Montmorillonite KSF

### Library Matches

0.9301	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9263	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commercial)	12269-78-2
0.9074	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8999	SensIRcc.lib[743]	Montmorillonite Santa Rita, NM	1318-93-0
0.8977	SensIRcc.lib[729]	Illite, Morris IL,	
0.8974	SensIRcc.lib[713]	Attapalgite, crude, Attapalgus, GA	
0.8970	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.8790	SensIRcc.lib[740]	Montmorillonite Nutfield, Surrey, England	1318-93-0
0.8745	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.8662	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8610	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.8568	SensIRcc.lib[742]	Montmorillonite, Combe Hay, Someussetshire, England	1318-93-0
0.8427	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.7676	SensIRcc.lib[2388]	Aluminum phosphate	7784-30-7
0.7664	SensIRcc.lib[1532]	Ferric sulfate	10028-22-5
0.7616	SensIRcc.lib[2497]	Calcium Phosphate Dibasic	7789-77-7
0.7582	SensIRcc.lib[2816]	cerous sulfate	13454-94-9
0.7366	SensIRcc.lib[2428]	Ferric subsulfate	1310-45-8
0.7357	SensIRcc.lib[2908]	Calcium phosphate dibasic	7757-93-9

■ Identidad de suelos  
 ■ Identidad de metales



**M3 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.09. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Basalto porfírico en formación abanico

Inclusiones de olivino y efectos superficiales hidrotermales del tipo micacitas.

Rupturas paralelepípedas y concoides características de basaltos profundos.

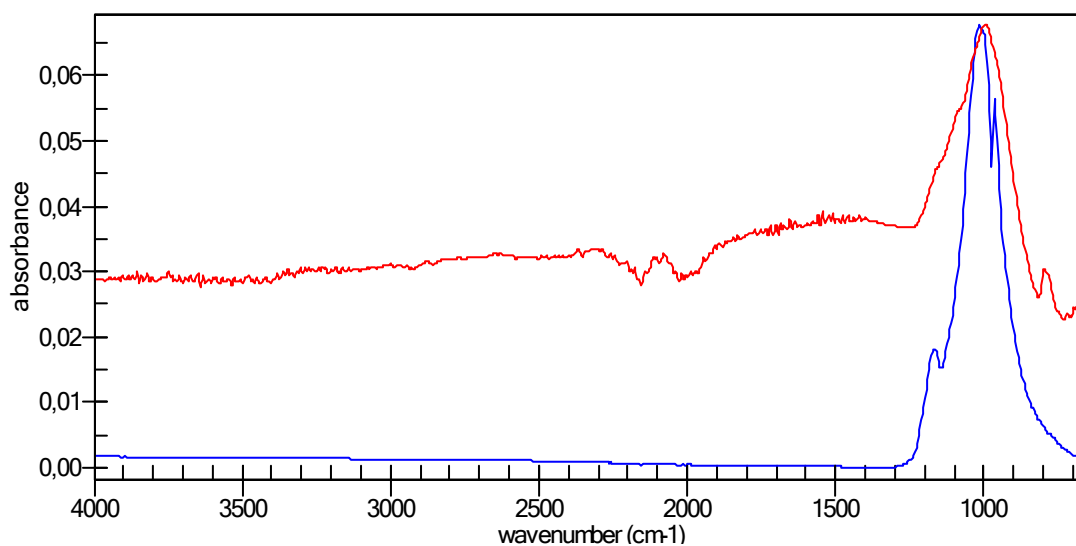
Tabla 2.05. **Posición Geomórficas para muestras de roca o vistas de paisaje**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

## Figura 2.10. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 22/02/2016 16:26:58  
 Report generated on 22/02/2016 17:21:29  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



Basalto Porfirico incrustaciones  
 Lead Sulfate

### Library Matches

0.7409	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.7370	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.6606	SensIRcc.lib[2400]	Ammonium fluoborate	13826-83-0
0.6591	SensIRcc.lib[2814]	Cerium III sulfate	13454-94-9
0.5900	SensIRcc.lib[2816]	cerous sulfate	13454-94-9
0.5834	SensIRcc.lib[2810]	Calcium hydroxyapatite	1306-06-5
0.5258	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.5179	SensIRcc.lib[2428]	Ferric subsulfate	1310-45-8

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M4 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.11. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Basalto porfírico en formación abanico

Inclusiones de olivino y efectos superficiales hidrotermales del tipo micacitas.

Rupturas paralelepípedas y concoides características de basaltos profundos.

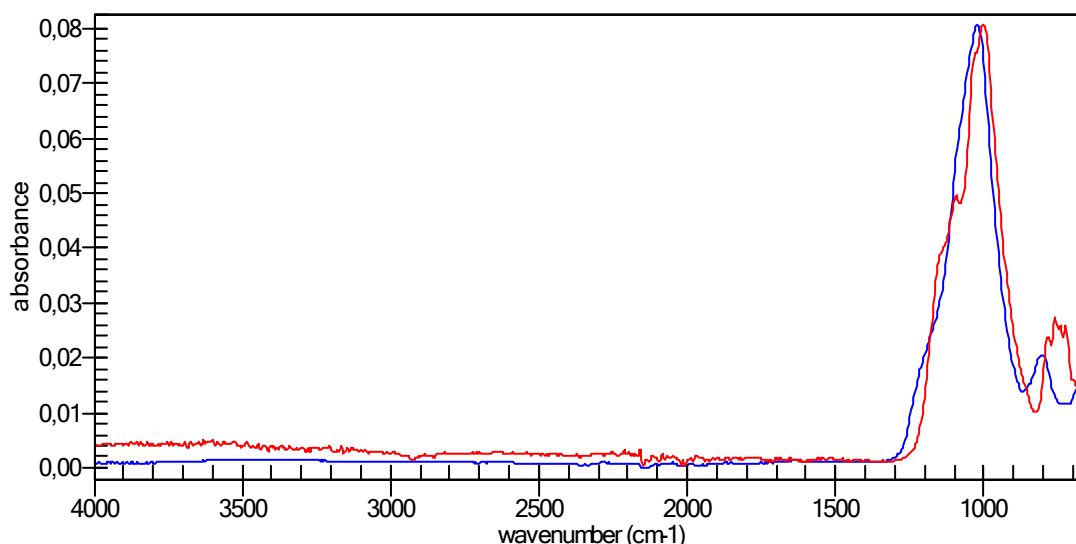
Tabla 2.06. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altura sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

## Figura 2.12. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 22/02/2016 16:31:17  
 Report generated on 22/02/2016 17:21:45  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— Basalto porfirico, zona sin incrustaciones  
 — Florisil (MgSiO<sub>3</sub>), 85% SiO<sub>2</sub> + 15% MgO

### Library Matches

0.9377	SensIRcc.lib[710]	Florisil (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.9144	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.9024	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8595	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.8481	SensIRcc.lib[2388]	Aluminum phosphate	7784-30-7
0.8425	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commercial)	12269-78-2
0.8400	SensIRcc.lib[2814]	Cerium III sulfate	13454-94-9
0.8357	SensIRcc.lib[2428]	Ferric subsulfate	1310-45-8
0.8298	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8295	SensIRcc.lib[743]	Montmorillonite Santa Rita, NM	1318-93-0
0.8289	SensIRcc.lib[1532]	Ferric sulfate	10028-22-5
0.8108	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.8106	SensIRcc.lib[2816]	cerous sulfate	13454-94-9
0.8086	SensIRcc.lib[713]	Attapulgite, crude, Attapalgus, GA	
0.8053	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.8017	SensIRcc.lib[740]	Montmorillonite Nutfield, Surrey, Engand	1318-93-0
0.7475	SensIRcc.lib[2832]	Indium sulfate	13464-82-9

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M5 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.13. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Formación El Morado. Interfluvio Colorado-Yeso. Cretácico Inferior.

Tipo de Roca: Lutita (arenisca fina metamórfica)

Techo 4000 metros

Tabla 2.07. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

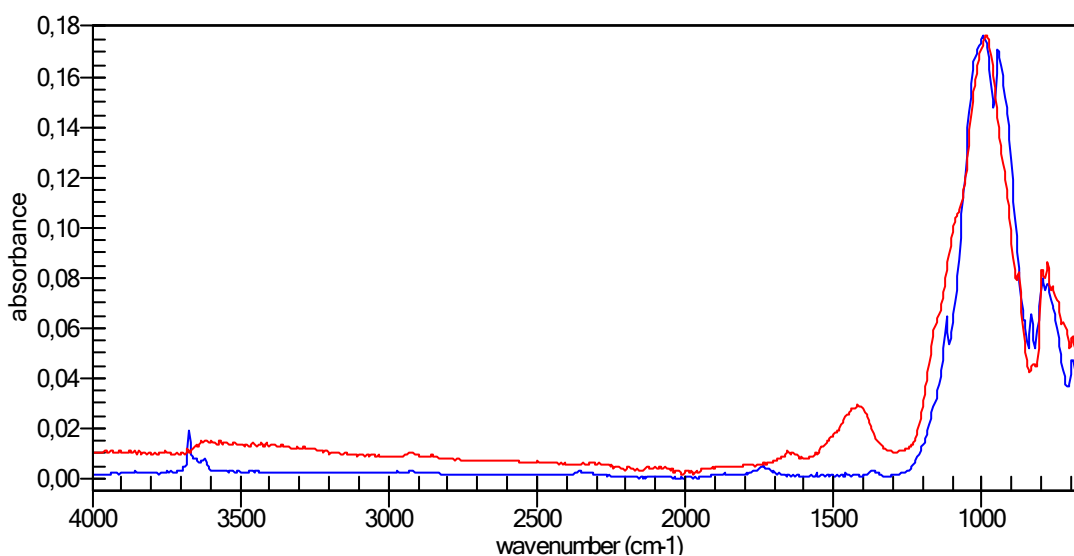
<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S

<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

Figura 2.14. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent-Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 22/02/2016 16:38:31  
 Report generated on 22/02/2016 17:22:01  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— Lutita  
 — Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commerical)

Library Matches

0.9452	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commerical)	12269-78-2
0.9359	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9114	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.9090	SensIRcc.lib[743]	Montmorillonite Santa Rita, NM	1318-93-0
0.9046	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.8998	SensIRcc.lib[713]	Attapalgite, crude, Attapalgus, GA	
0.8974	SensIRcc.lib[714]	Attapalgite, Attapalgus, GA	
0.8818	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.8790	SensIRcc.lib[740]	Montmorillonite Nutfield, Surrey, Engand	1318-93-0
0.8656	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8503	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.8486	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.8378	SensIRcc.lib[710]	Florisil (MgSiO3), 85% SiO2 + 15% MgO	1343-88-0
0.8155	SensIRcc.lib[750]	Saponite, Big Sandy (Processed) Kingman	12269-78-2
0.8069	SensIRcc.lib[2497]	Calcium Phosphate Dibasic	7789-77-7
0.7882	SensIRcc.lib[2809]	Calcium hydrogenphosphate dihydrate	
0.7853	SensIRcc.lib[2816]	cerous sulfate	13454-94-9
0.7847	SensIRcc.lib[2388]	Aluminum phosphate	7784-30-7
0.7834	SensIRcc.lib[2908]	Calcium phosphate dibasic	7757-93-9

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M6 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.15. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Formación El Morado. Interfluvio Colorado-Yeso. Cretácico Inferior

Tipo de Roca: Lutita (arenisca fina metamórfica)

Techo 4000 metros

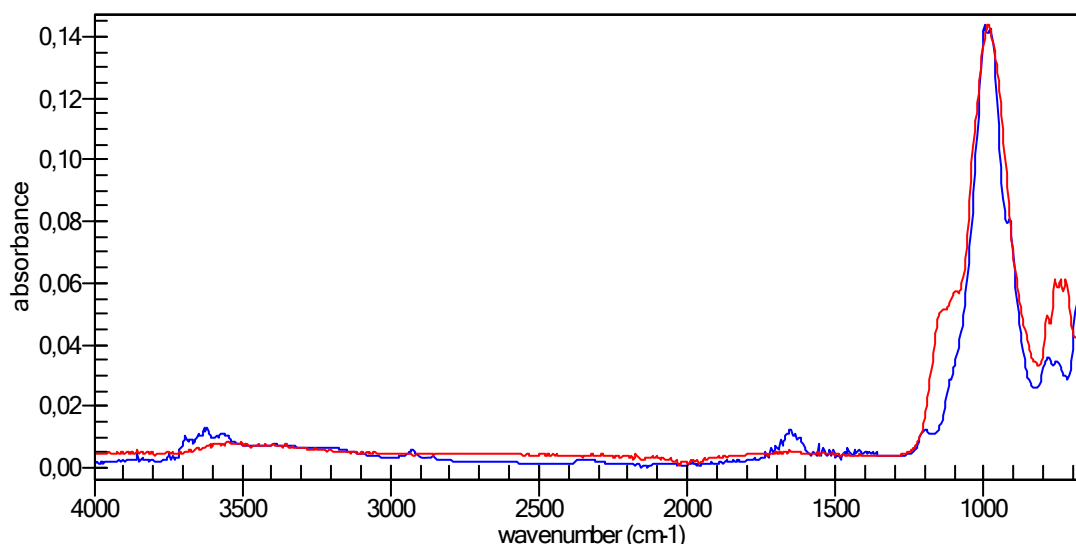
Tabla 2.08. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

Figura 2.16. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent-Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 19/02/2016 17:48:21  
 Report generated on 19/02/2016 17:55:37  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— Lutita  
 — Saponite, Beto Country, MD

Library Matches

0.9415	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.9400	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commercial)	12269-78-2
0.9397	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9378	SensIRcc.lib[713]	Attapalgit, crude, Attapalgit, GA	
0.9099	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.9002	SensIRcc.lib[746]	Nontronite, Manito, Wash.	
0.8998	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8942	SensIRcc.lib[728]	Hydromica (Potash Bentonite) High Bridge, KY	
0.8917	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8621	SensIRcc.lib[750]	Saponite, Big Sandy (Processed) Kingman	
0.8448	SensIRcc.lib[722]	Halloysite, Eureka, Utah	
0.8279	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.8275	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.8073	SensIRcc.lib[747]	Pyrophyllite, Womble Mine, Moore County, NC	12269-78-2
0.7962	SensIRcc.lib[853]	Vermiculite	1318-00-9
0.7740	SensIRcc.lib[710]	Florasil (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.7478	SensIRcc.lib[2497]	Calcium Phosphate Dibasic	7789-77-7
0.7425	SensIRcc.lib[2908]	Calcium phosphate dibasic	7757-93-9
0.7409	SensIRcc.lib[1532]	Ferric sulfate	10028-22-5

Identidad de suelos  
 Identidad de metales y sales



**M7 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.17. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Metamórficas Indiferenciadas

Arenisca arcillolítica con trazas lagunares, antiguo lecho lacustre y con modelado de transporte fluvial, origen formación Colimapu, altitud sobre 3500 m.s.n.m.

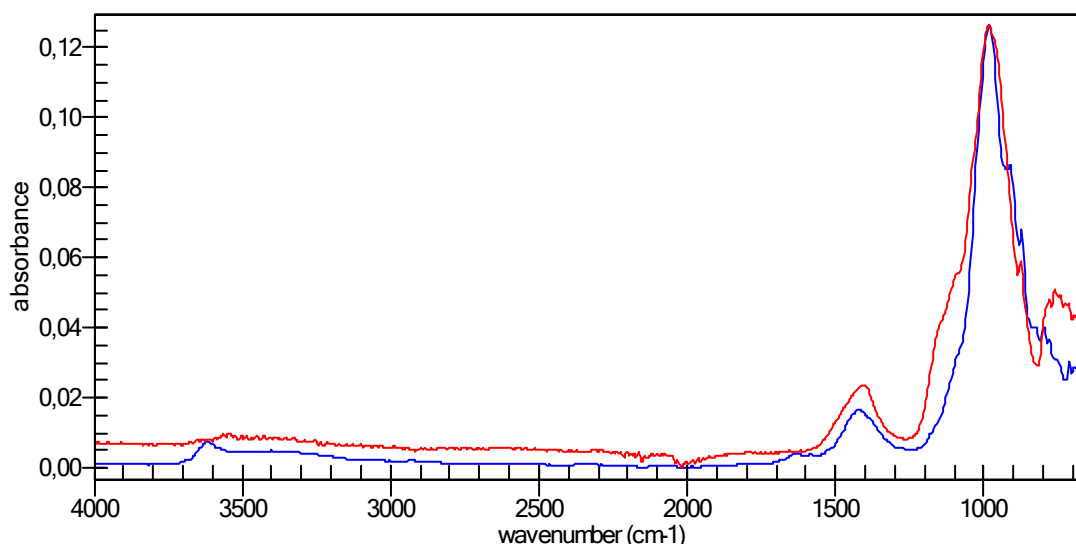
Tabla 2.09. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

Figura 2.18. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent-Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 22/02/2016 16:46:39  
 Report generated on 22/02/2016 17:22:38  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



Metamórficas indiferenciadas con trazas lagunares  
 Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA

Library Matches

0.9391	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.9345	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commercial)	12269-78-2
0.9340	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.9259	SensIRcc.lib[713]	Attapalgite, crude, Attapaligus, GA	
0.9212	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9085	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.8847	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8757	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8097	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.8061	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.8035	SensIRcc.lib[853]	Vermiculite	1318-00-9
0.8032	SensIRcc.lib[3177]	Ficoll	
.7689	SensIRcc.lib[2497]	Calcium Phosphate Dibasic	7789-77-7
0.7633	SensIRcc.lib[2908]	Calcium phosphate dibasic	7757-93-9
0.7593	SensIRcc.lib[2400]	Ammonium fluoborate	13826-83-0
0.7540	SensIRcc.lib[710]	Florisil (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.7493	SensIRcc.lib[2809]	Calcium hydrogenphosphate dihydrate	

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M8 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.19. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Brecha volcánica de tipo andesítico con metamorfismo a cuarzo, coloración verdosa

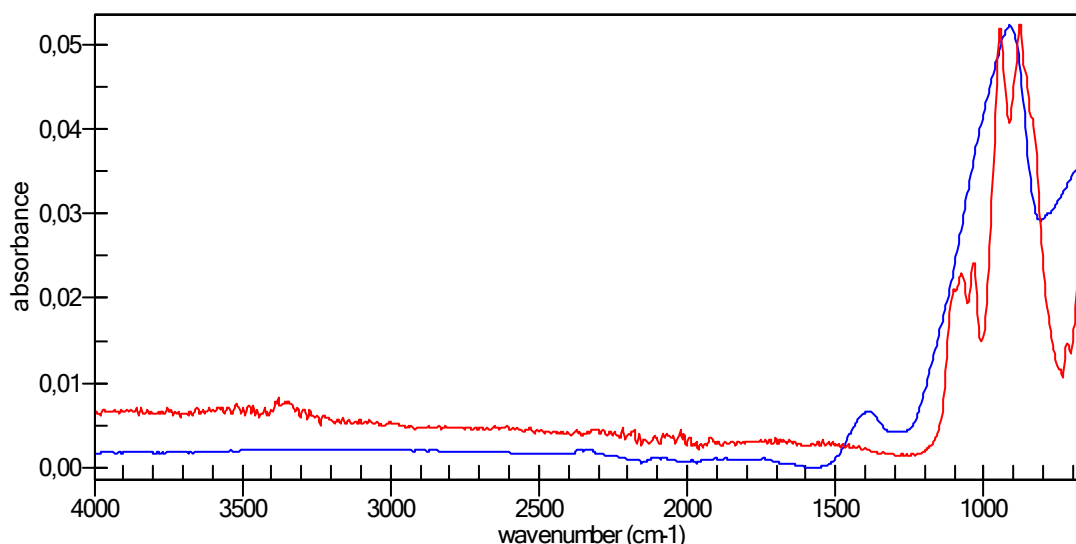
Tabla 2.10. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

Figura 2.20. ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 22/02/2016 16:50:09  
 Report generated on 22/02/2016 17:23:11  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— brecha volcánica  
 — Glass Fiber (Ultrastrand-Certainteed-CTS#A0221)

Library Matches

0.7871	SensIRcc.lib[2608]	Lead Thiosulfate	26265-65-6
0.7409	SensIRcc.lib[853]	Vermiculite	1318-00-9
0.7061	SensIRcc.lib[728]	Hydromica (Potash Bentonite) High Bridge, KY	
0.7050	SensIRcc.lib[2725]	Sodium Sulfite Anhydrous	7757-83-7
0.7011	SensIRcc.lib[745]	Nontronite, Garfield, Wash	
0.6688	SensIRcc.lib[2104]	Potassium chlorate	3811-04-9
0.6681	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.6485	SensIRcc.lib[2721]	Sodium Perborate	7632-04-4
0.6427	SensIRcc.lib[2090]	Magnesium sulfite	7757-88-2
0.6381	Excipients.lib[131]	Sodium sulfite, anhydrous	
0.6337	SensIRcc.lib[2724]	Sodium Silicate (meta)	13157-24-3
0.6322	SensIRcc.lib[2852]	Sodium metaphosphate	10124-56-8
0.6319	SensIRcc.lib[2088]	Lithium tetraborate	12007-60-2
0.6273	Excipients.lib[125]	Sodium phosphate dibasic	7558-79-4
0.6264	SensIRcc.lib[2909]	Calcium phosphate monobasic	10103-46-5
0.6257	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.6067	SensIRcc.lib[750]	Saponite, Big Sandy (Processed) Kingman	
0.6041	SensIRcc.lib[276]	Calcium Carbide	75-20-7
0.6029	SensIRcc.lib[1578]	Sodium chlorate	7775-09-9
0.5904	SensIRcc.lib[2809]	Calcium hydrogenphosphate dihydrate	
0.5774	SensIRcc.lib[1581]	Sodium phosphate	7601-54-9
0.5676	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.5471	SensIRcc.lib[714]	Attapalgitte, Attapalagus, GA	
0.5403	SensIRcc.lib[2698]	Potassium Phosphate Dibasic Anhydrous	7758-11-4

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M9 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.21. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Brecha volcánica metamórfica, tipo arenisca, formación abanico

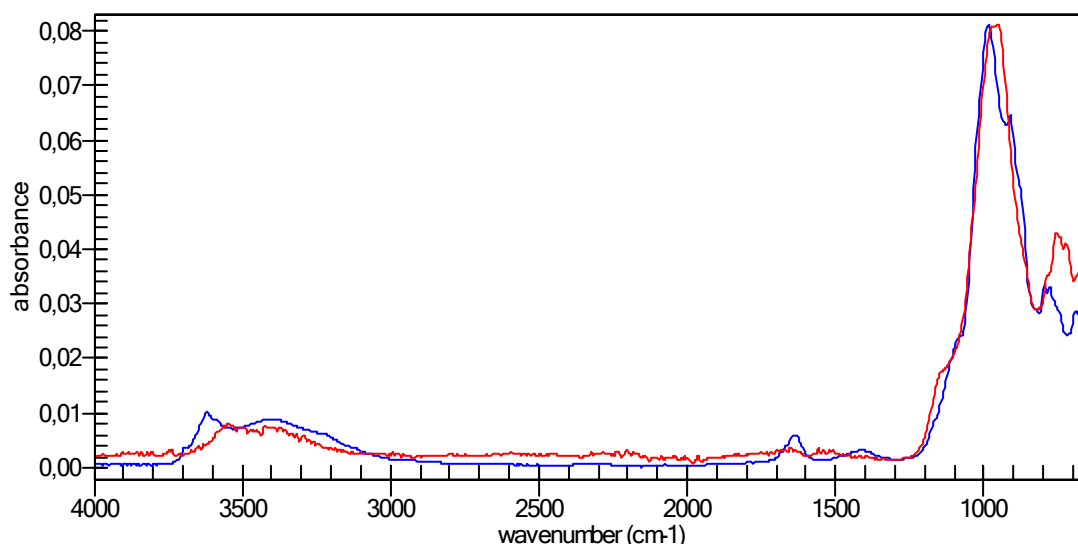
Tabla 2.11. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

Figura 2.22. ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 19/02/2016 17:39:51  
 Report generated on 19/02/2016 17:56:08  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— brecha volcánica metamórfica  
 — Beidellite, Cameron, AZ

Library Matches

0.9544	SensIRcc.lib[715]	Beidellite, Cameron, AZ	
0.9478	SensIRcc.lib[745]	Nontronite, Garfield, Wash	
0.9406	SensIRcc.lib[746]	Nontronite, Manito, Wash.	
0.9344	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.9320	SensIRcc.lib[853]	Vermiculite	1318-00-9
0.9289	SensIRcc.lib[728]	Hydromica (Potash Bentonite) High Bridge, KY	
0.9288	SensIRcc.lib[717]	Dickite, Ouray, Col.	
0.9111	SensIRcc.lib[729]	Illite, Morris IL,	
0.9089	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.9044	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.9029	SensIRcc.lib[714]	Attapalgite, Attapaligus, GA	
0.8949	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commerical)	12269-78-2
0.8932	SensIRcc.lib[742]	Montmorillonite, Combe Hay, Someussetshire, England	1318-93-0
0.8562	SensIRcc.lib[722]	Halloysite, Eureka, Utah	
0.8410	SensIRcc.lib[725]	Hectorite, Hector, Calf. Mashed Zone	
0.8251	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.7965	SensIRcc.lib[2725]	Sodium Sulfite Anhydrous	7757-83-7
0.7822	Excipients.lib[131]	Sodium sulfite, anhydrous	
0.7822	Excipients.lib[131]	Sodium sulfite, anhydrous	
0.7802	SensIRcc.lib[2699]	Potassium Phosphate Tribasic	7778-53-2
0.7515	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.7449	SensIRcc.lib[2908]	Calcium phosphate dibasic	7757-93-9
0.7424	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-
0.7265	SensIRcc.lib[2721]	Sodium Perborate	7632-04-4
0.7254	SensIRcc.lib[2724]	Sodium Silicate (meta)	13157-24-3
0.7217	SensIRcc.lib[2104]	Potassium chlorate	3811-04-9

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M 10 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.23. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Roca metamórfica tipo arcilla silicatada

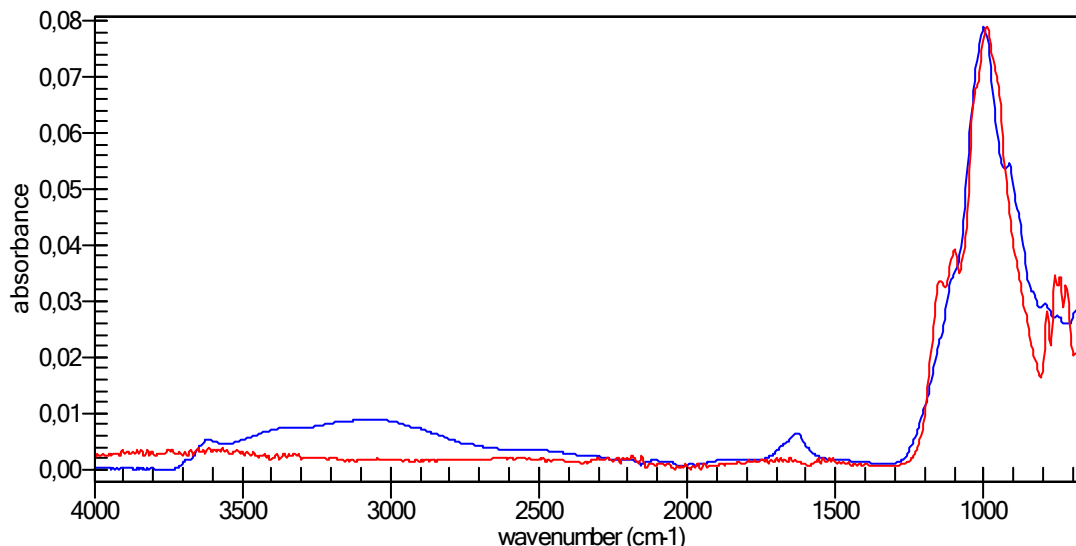
Tabla 2.12. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

**Figura 2.24. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA IR**

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 19/02/2016 17:44:06  
 Report generated on 19/02/2016 17:56:30  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— roca metamórfica tipo arcilla silicatada  
 — Montmorillonite KSF

Library Matches

0.9406	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9353	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commerical)	12269-78-2
0.9083	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.9078	SensIRcc.lib[743]	Montmorillonite Santa Rita, NM	1318-93-0
0.9062	SensIRcc.lib[713]	Attapalgite, crude, Attapaligus, GA	
0.9021	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8879	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.8843	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.8833	SensIRcc.lib[715]	Beidellite, Cameron, AZ	
0.8736	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8635	SensIRcc.lib[746]	Nontronite, Manito, Wash.	
0.8563	SensIRcc.lib[720]	Halloysite Cadouin, France	
0.8489	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.8484	SensIRcc.lib[741]	Montmorillonite Chambers, AZ	1318-93-0
0.8468	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.8142	SensIRcc.lib[710]	Florisil (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.7775	SensIRcc.lib[2497]	Calcium Phosphate Dibasic	7789-77-7
0.7734	SensIRcc.lib[2814]	Cerium III sulfate	13454-94-9
0.7667	SensIRcc.lib[2388]	Aluminum phosphate	7784-30-7
0.7653	SensIRcc.lib[1532]	Ferric sulfate	10028-22-5
0.7591	SensIRcc.lib[2908]	Calcium phosphate dibasic	7757-93-9
0.7567	SensIRcc.lib[2809]	Calcium hydrogenphosphate dihydrate	
0.7541	SensIRcc.lib[2816]	cerous sulfate	13454-94-9
0.7436	SensIRcc.lib[853]	Vermiculite	1318-00-9

Identidad de suelos  
 Identidad de metales



**M 11 ATL 040216 zona 1 El Morado**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.25. **Fotografías de muestra** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Formación El Morado. Interfluvio Colorado-Yeso. Cretácico Inferior

Tipo de Roca: Lutita (arenisca fina metamórfica)

Techo 4000 metros

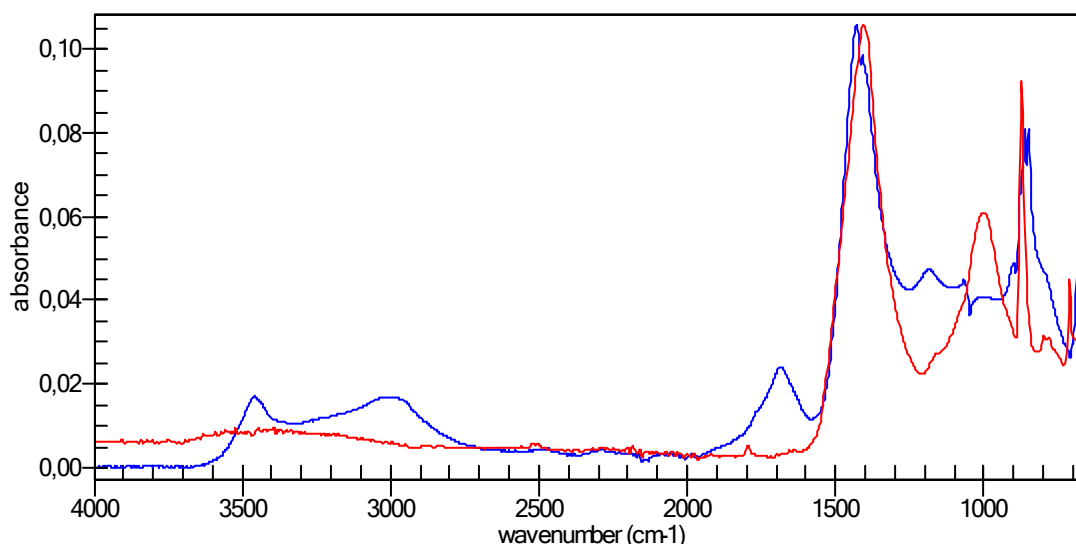
Tabla 2.13. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	El Morado
<b>Lugar específico</b>	Costado estero El Morado
<b>Topónimo</b>	Camino V1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.534 m E 6.260.980 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.538 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-3 a -4 metros del camino V1 y 0 a 1 m del estero El Morado

Figura 2.26. ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 19/02/2016 17:52:30  
 Report generated on 19/02/2016 17:56:55  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— Lutita  
 — Sodium carbonate  
 Library Matches

0.8430	Excipients.lib[121]	Sodium carbonate	497-19-8
0.7280	SensIRcc.lib[2091]	Manganous carbonate	598-62-9
0.7216	Excipients.lib[32]	Calcium carbonate	471-34-1
0.6405	SensIRcc.lib[2835]	Lithium carbonate	554-13-2
0.6358	SensIRcc.lib[2075]	Cupric carbonate	36386-77-3
0.6092	SensIRcc.lib[2780]	Zinc Carbonate	3486-35-9
0.5892	SensIRcc.lib[1541]	Lead acetate	301-04-2
0.5675	SensIRcc.lib[1567]	Potassium carbonate	584-08-7
0.5583	SensIRcc.lib[2606]	Lead Subacetate	1335-32-6
0.5555	SensIRcc.lib[1678]	Manganese (III) acetate, dihydrate	19513-05-4
0.5404	SensIRcc.lib[2324]	Silver acetate	563-63-3
0.5288	SensIRcc.lib[2842]	Nickelous carbonate	3333-67-3
0.5244	SensIRcc.lib[1554]	Nickel carbonate	333-67-3
0.5234	SensIRcc.lib[2502]	Carmine (Alum Lake, Dye)	1390-65-4
0.5196	SensIRcc.lib[2387]	Aluminum acetate	139-12-8
0.5179	SensIRcc.lib[2603]	Lead Carbonate	1319-46-6
0.5148	SensIR_Tx.lib[132]	Sodium hydroxide	1310-73-2
0.5138	SensIR_Tx.lib[328]	Sodium Borate	12007-42-0
0.5134	Excipients.lib[120]	Sodium borate	1303-96-4
0.5134	Excipients.lib[120]	Sodium borate	1303-96-4
0.5123	SensIRcc.lib[2162]	Ferric acetylacetonate	14024-18-1
0.5016	SensIRcc.lib[623]	Silver Acetate	563-63-3
0.5001	SensIR_Tx.lib[331]	Sodium tetraborate	1330-43-4
0.4998	SensIRcc.lib[1519]	Cobalt(ous) acetate	71-48-7
0.4966	SensIRcc.lib[2510]	Chromium (III) 2,4-pentanedionate	21679-31-2
0.4959	SensIRcc.lib[3134]	Cobalt(ous) acetate	71-48-7

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M12 ATL 040216 zona 2 humedal/charco-laguna**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.27. **Fotografías de zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Arcillas

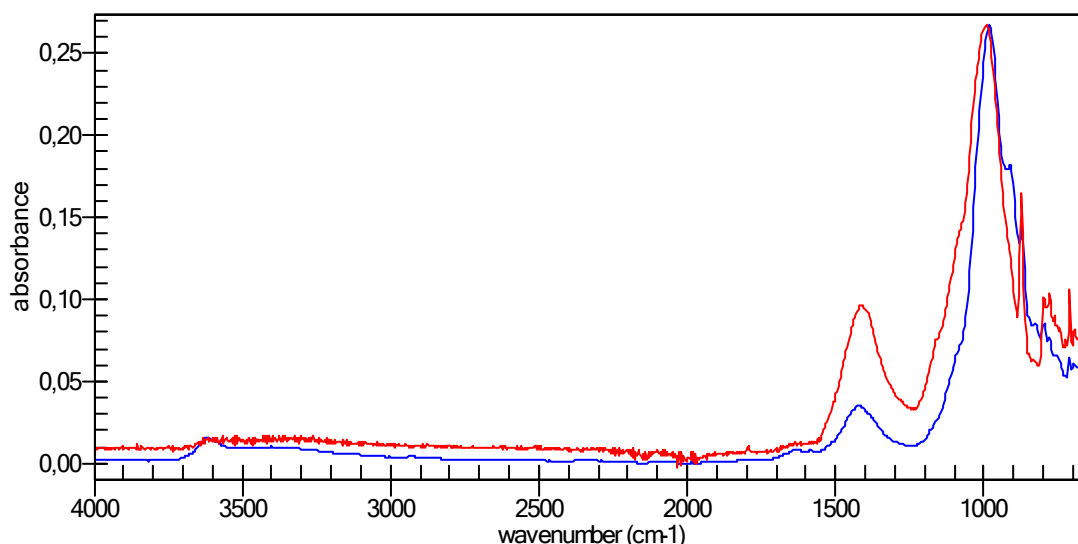
Tabla 2.14. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	Humedal de ciclo corto
<b>Lugar específico</b>	Lecho seco humedal
<b>Topónimo</b>	Charco
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.373,93 m E 6.259.560,73 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.400 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-20 m del camino público

**Figura 2.28. ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR**

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent-Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 19/02/2016 11:49:16  
 Report generated on 19/02/2016 17:54:26  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— M12 arcillas lecho seco humedal área clara  
 — Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA

Library Matches

0.8717	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.8449	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commercial)	12269-78-2
0.8414	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.8406	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8363	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.8304	SensIRcc.lib[713]	Attapalgite, crude, Attapaligus, GA	
0.8260	SensIRcc.lib[2400]	Ammonium fluoborate	13826-83-0
0.8225	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8217	SensIRcc.lib[714]	Attapalgite, Attapaligus, GA	
0.8086	SensIRcc.lib[729]	Illite, Morris IL,	
0.8002	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.7921	SensIRcc.lib[715]	Beidellite, Cameron, AZ	
0.7888	SensIRcc.lib[710]	Florisol (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.7876	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.7759	SensIRcc.lib[750]	Saponite, Big Sandy (Processed) Kingman	
0.7746	SensIRcc.lib[720]	Halloysite Cadouin, France	
0.7683	SensIRcc.lib[741]	Montmorillonite Chambers, AZ	1318-93-0
0.7668	SensIRcc.lib[728]	Hydromica (Potash Bentonite) High Bridge, KY	
0.7663	SensIRcc.lib[2497]	Calcium Phosphate Dibasic	7789-77-7
0.7659	SensIRcc.lib[746]	Nontronite, Manito, Wash.	
0.7447	SensIRcc.lib[2809]	Calcium hydrogenphosphate dihydrate	
0.7441	SensIRcc.lib[2908]	Calcium phosphate dibasic	7757-93-9
0.7409	SensIRcc.lib[749]	Saponite, Death Valley CA	

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M13 ATL 040216 zona 2 humedal/charco-laguna**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.29. **Fotografías de zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Arcillas

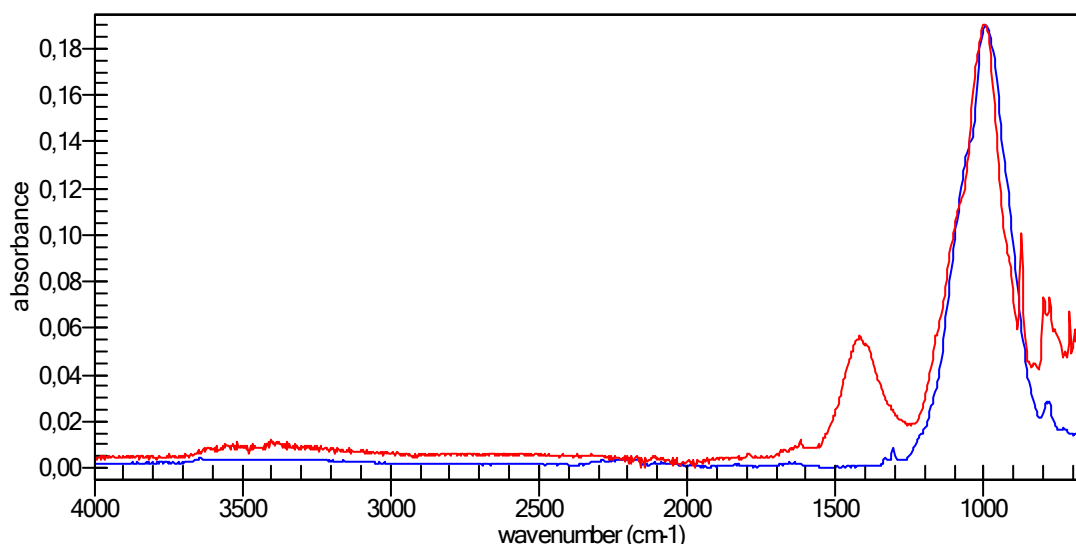
Tabla 2.15. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	Humedal de ciclo corto
<b>Lugar específico</b>	Lecho seco humedal
<b>Topónimo</b>	charco
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.373,93 m E 6.259.560,73 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.400 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-20 m del camino público

Figura 2.30. ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent-Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 19/02/2016 11:37:15  
 Report generated on 19/02/2016 17:55:16  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— M13 arcillas lecho seco humedal área oscura  
 — Sodium fluoroborate

Library Matches

0.8711	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8648	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.8591	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commercial)	12269-78-2
0.8560	SensIRcc.lib[710]	Florisil (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.8527	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.8474	SensIRcc.lib[743]	Montmorillonite Santa Rita, NM	1318-93-0
0.8455	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.8419	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8382	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.8349	SensIRcc.lib[713]	Attapulgite, crude, Attapalugus, GA	
0.8167	SensIRcc.lib[2400]	Ammonium fluoborate	13826-83-0
0.7981	SensIRcc.lib[2816]	cerous sulfate	13454-94-9
0.7922	SensIRcc.lib[2497]	Calcium Phosphate Dibasic	7789-77-7
0.7910	SensIRcc.lib[2388]	Aluminum phosphate	7784-30-7
0.7870	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.7777	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.7722	SensIRcc.lib[2809]	Calcium hydrogenphosphate dihydrate	
0.7637	SensIRcc.lib[724]	Halloysite, Bedford, Ind	
0.7635	SensIRcc.lib[744]	Nacrite + Dickite, St George, UT	
0.7615	SensIRcc.lib[2814]	Cerium III sulfate	13454-94-9
0.7612	SensIRcc.lib[741]	Montmorillonite Chambers, AZ	1318-93-0
0.7612	SensIRcc.lib[739]	Kaolinite, Hirschay Bavaria	1318-74-7
0.7601	SensIRcc.lib[2908]	Calcium phosphate dibasic	7757-93-9

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M14 ATL 040216 zona 2 humedal/charco-laguna**

**Fecha 16 febrero 2016**



Figura 2.31. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Granitoides intrusivos

Con cuarzo, anfibolas y piroxenos

Edad: Mioceno  $\pm$  20-15 millones de años

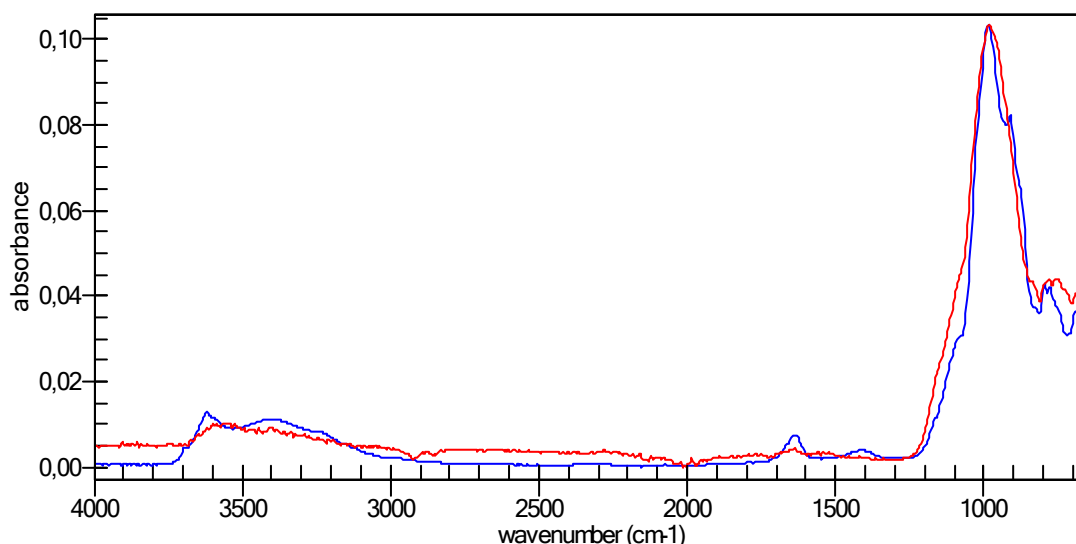
Tabla 2.16. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	Humedal de ciclo corto
<b>Lugar específico</b>	Lecho seco humedal
<b>Topónimo</b>	Charco
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	405.373,93 m E 6.259.560,73 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2.400 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-20 m del camino público

Figura 2.32. ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent-Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 22/02/2016 16:11:31  
 Report generated on 22/02/2016 17:22:22  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— M 14 Granitoides  
 — Beidellite, Cameron, AZ

Library Matches

0.9710	SensIRcc.lib[715]	Beidellite, Cameron, AZ	
0.9600	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland 1318-74-7	
0.9560	SensIRcc.lib[746]	Nontronite, Manito, Wash.	
0.9520	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9458	SensIRcc.lib[745]	Nontronite, Garfield, Wash	
0.9407	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.9391	SensIRcc.lib[743]	Montmorillonite Santa Rita, NM	1318-93-0
0.9372	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.9295	SensIRcc.lib[713]	Attapalgitite, crude, Attapalagus, GA	
0.9259	SensIRcc.lib[742]	Montmorillonite, Combe Hay, Someussetshire, England 1318-93-0	
0.8790	SensIRcc.lib[853]	Vermiculite	1318-00-9
0.8748	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8501	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8204	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.8072	Excipients.lib[78]	Kaolin	1332-58-7
0.7751	SensIRcc.lib[2908]	Calcium phosphate dibasic	7757-93-9
0.7591	SensIRcc.lib[2725]	Sodium Sulfite Anhydrous	7757-83-7
0.7585	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.7582	SensIRcc.lib[2699]	Potassium Phosphate Tribasic	7778-53-2
0.7469	Excipients.lib[131]	Sodium sulfite, anhydrous	
0.7469	Excipients.lib[131]	Sodium sulfite, anhydrous	
0.7464	SensIRcc.lib[2809]	Calcium hydrogenphosphate dihydrate	

Identidad de suelos  
 Identidad de metales



**M1 ATL 010316**

**Fecha 04 marzo 2016**



Figura 2.33. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Roca metamórfica con incrustaciones minerales y fósiles del cretácico inferior en zona Maitenes, sector marina SAM 2

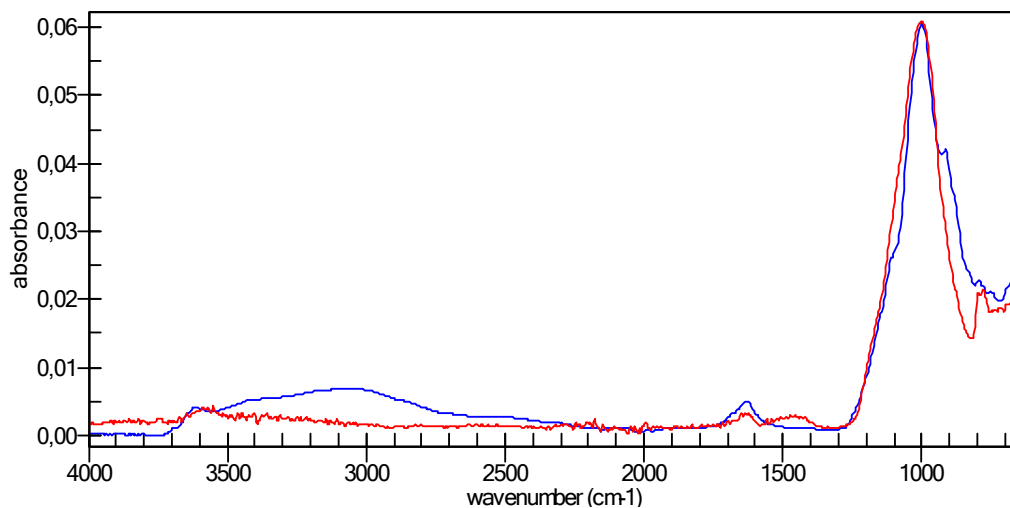
Tabla 2.17. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	Maitenes
<b>Lugar específico</b>	Bajo cinta transporte en SAM2
<b>Topónimo</b>	SAM 2
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	384942.37 m E 6285459.74 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	1.831 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	-17 m de portal VA2 +16 m SAM 2

## Figura 2.34 ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent-Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 04/03/2016 17:03:58  
 Report generated on 04/03/2016 17:05:53  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— M1 Roca metamórfica con incrustaciones minerales y fósiles  
 — Montmorillonite KSF

### Library Matches

0.9376	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9344	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.9245	SensIRcc.lib[748]	Pyrophyllite, Robbins, N.C. (Processed, Commercial)	12269-78-2
0.9166	SensIRcc.lib[710]	Florisil (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.9067	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.8967	SensIRcc.lib[729]	Illite, Morris IL,	
0.8939	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.8927	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8890	SensIRcc.lib[713]	Attapalgitite, crude, Attapalgitite, GA	
0.8595	SensIRcc.lib[2388]	Aluminum phosphate	7784-30-7
0.8563	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.8480	SensIRcc.lib[3177]	Ficoll	
0.8469	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.8419	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.8323	SensIRcc.lib[715]	Beidellite, Cameron, AZ	
0.8287	SensIRcc.lib[746]	Nontronite, Manito, Wash.	
0.8199	SensIRcc.lib[2816]	cerous sulfate	13454-94-9
0.8187	SensIRcc.lib[1532]	Ferric sulfate	10028-22-5
0.8141	SensIRcc.lib[2428]	Ferric subsulfate	1310-45-8
0.8120	SensIRcc.lib[2814]	Cerium III sulfate	13454-94-9
0.8100	SensIRcc.lib[728]	Hydromica (Potash Bentonite) High Bridge, KY	
0.7919	SensIRcc.lib[2497]	Calcium Phosphate Dibasic	7789-77-7
0.7774	Excipients.lib[78]	Kaolin	1332-58-7

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M2a ATL 010316**

**Fecha 04 marzo 2016**



Figura 2.35. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Brecha arenisca volcánica y maicillo por desagregación granular, áreas oscuras en zona Maitenes, sector camino

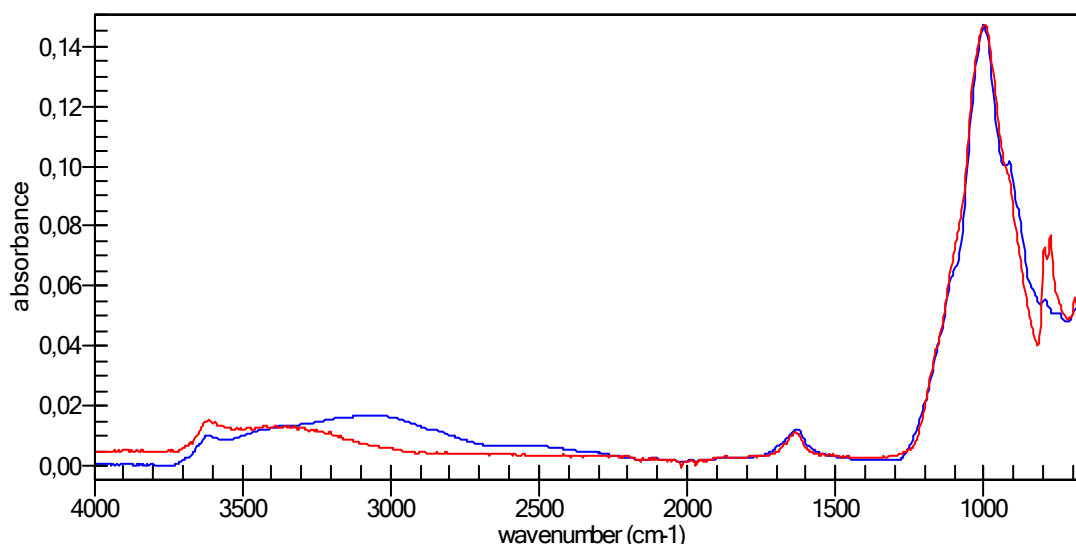
Tabla 2.18. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	Maitenes
<b>Lugar específico</b>	Costado de camino VA1
<b>Topónimo</b>	Camino VA1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	384313,88 m E 6287462,76 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	1.511 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	+88 m sobre lecho Estero Aucayes

Figura 2.36. ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 04/03/2016 17:08:53  
 Report generated on 04/03/2016 17:09:10  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— M2a Brecha arenisca volcánica y maicillo  
 — Montmorillonite KSF

Library Matches

0.9727	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9476	SensIRcc.lib[729]	Illite, Morris IL,	
0.9196	SensIRcc.lib[715]	Beidellite, Cameron, AZ	
0.9186	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.9137	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.9127	SensIRcc.lib[713]	Attapalgite, crude, Attapaligus, GA	
0.9088	SensIRcc.lib[746]	Nontronite, Manito, Wash.	
0.8989	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.8984	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.8964	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.8694	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.8445	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.8422	SensIRcc.lib[3177]	Ficoll	
0.8370	SensIRcc.lib[719]	Dickite, San Juanita, Chih Mexico	
0.8295	SensIRcc.lib[710]	Florisil (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.8096	Excipients.lib[78]	Kaolin	1332-58-7
0.8085	SensIRcc.lib[2497]	Calcium Phosphate Dibasic	7789-77-7
0.8057	SensIRcc.lib[2388]	Aluminum phosphate	7784-30-7
0.7856	SensIRcc.lib[2809]	Calcium hydrogenphosphate dihydrate	
0.7835	SensIRcc.lib[1532]	Ferric sulfate	10028-22-5

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M2b ATL 010316**

**Fecha 04 marzo 2016**



Figura 2.37. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Maicillo por desagregación granular, áreas oscuras en zona Maitenes, sector camino

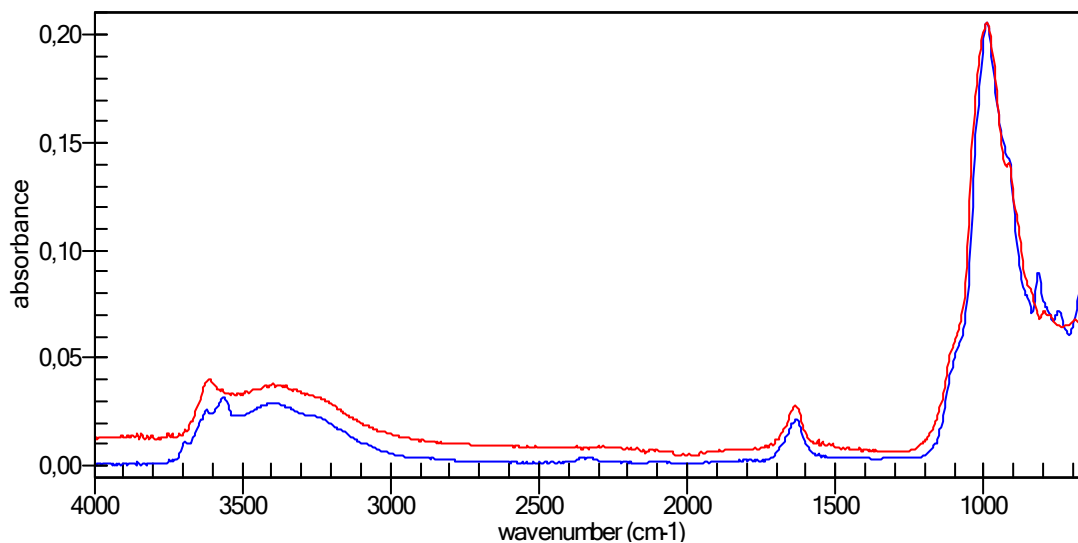
Tabla 2.19. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	Maitenes
<b>Lugar específico</b>	Costado de camino VA1
<b>Topónimo</b>	Camino VA1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	384313,88 m E 6287462,76 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	1.511 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	+88 m sobre lecho Estero Aucayes

**Figura 2.38. ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR**

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 04/03/2016 17:15:00  
 Report generated on 04/03/2016 17:15:49  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



— M2b Maicillo por desagregación granular  
 — Nontronite, Manito, Wash.

Library Matches

0.9828	SensIRcc.lib[746]	Nontronite, Manito, Wash.	
0.9695	SensIRcc.lib[720]	Halloysite Cadouin, France	
0.9689	SensIRcc.lib[741]	Montmorillonite Chambers, AZ1318-93-0	
0.9676	SensIRcc.lib[715]	Beidellite, Cameron, AZ	
0.9586	SensIRcc.lib[745]	Nontronite, Garfield, Wash	
0.9481	SensIRcc.lib[713]	Attapalgite, crude, Attapaligus, GA	
0.9472	SensIRcc.lib[728]	Hydromica (Potash Bentonite) High Bridge, KY	
0.9402	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.9255	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.9142	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.9120	SensIRcc.lib[716]	Dickite, San Juanita Mexico	
0.8899	SensIRcc.lib[739]	Kaolinite, Hirschay Bavaria	1318-74-7
0.8533	SensIRcc.lib[732]	Kaolinite, Macon, GA	1318-74-7
0.8451	SensIRcc.lib[853]	Vermiculite	1318-00-9
0.8351	Excipients.lib[78]	Kaolin	1332-58-7
0.8262	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.7763	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.7637	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.7426	SensIRcc.lib[2699]	Potassium Phosphate Tribasic	7778-53-2

Identidad de suelos  
 Identidad de metales

**M2c ATL 010316**

**Fecha 04 marzo 2016**



Figura 2.39. **Fotografías de muestra y zona que representa** (Elaboración propia, 2016)

**Características:**

Brecha arenisca volcánica, coloración verde, en zona Maitenes, sector camino

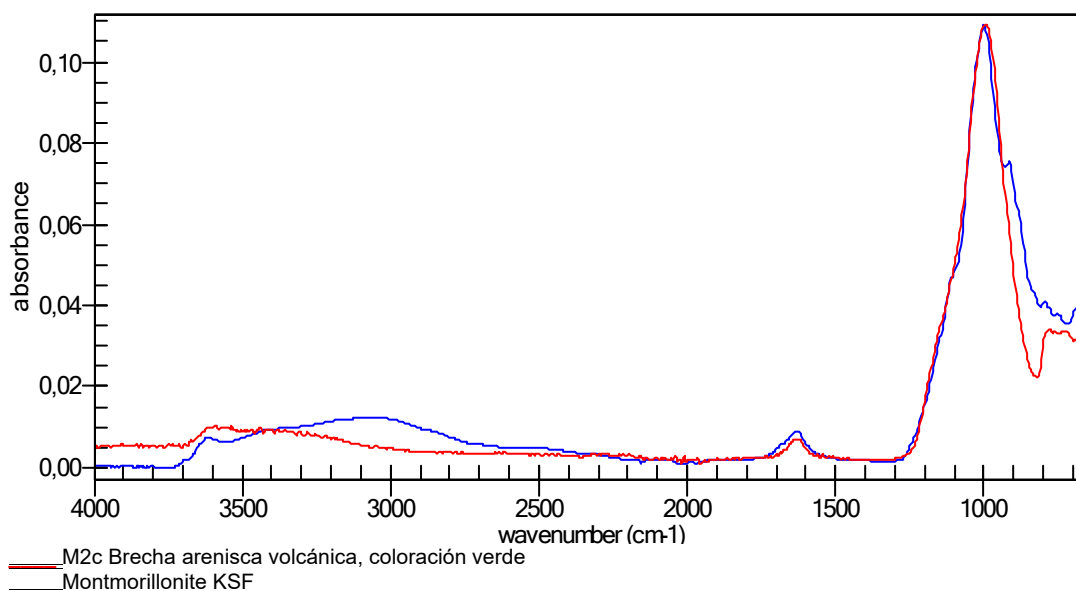
Tabla 2.20. **Posición Geomórficas para muestras de roca y vistas de paisaje/relieve**

<b>Zona</b>	Maitenes
<b>Lugar específico</b>	Costado de camino VA1
<b>Topónimo</b>	Camino VA1
<b>Latitud-longitud en coordenadas UTM</b>	384313,88 m E 6287462,76 m S
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	1.511 m.s.n.m.
<b>Altura Relativa (sobre un plano local o punto de referencia)</b>	+88 m sobre lecho Estero Aucayes

Figura 2.40. ANALISIS ESPECTROSCOPIA IR

Original Method Name: C:\SmithsDetection\ChemID\ChemIdent\Methods\metodo completo.IDM  
 Acquired on 04/03/2016 17:20:32  
 Report generated on 04/03/2016 17:22:48  
 Report generated by: PclBA  
 Software version: 1.3.0

Spectra / ID



Library Matches

0.9469	SensIRcc.lib[2093]	Montmorillonite KSF	1318-93-0
0.9418	SensIRcc.lib[2952]	Sodium fluoroborate	13755-29-8
0.9350	SensIRcc.lib[713]	Attapalgitite, crude, Attapalagus, GA	
0.9321	SensIRcc.lib[751]	Saponite, Beto Country, MD	
0.9234	SensIRcc.lib[2613]	Magnesium Trisilicate	14987-04-3
0.9112	SensIRcc.lib[2607]	Lead Sulfate	7446-14-2
0.9099	SensIRcc.lib[729]	Illite, Morris IL,	
0.8769	SensIRcc.lib[734]	Kaolinite, Auchenheath Mine, Lanarkshire, Scotland	1318-74-7
0.8761	SensIRcc.lib[727]	Hydromica (Potash bentonite), Tazewell, VA	
0.8760	SensIRcc.lib[746]	Nontronite, Manito, Wash.	
0.8722	SensIRcc.lib[715]	Beidellite, Cameron, AZ	
0.8718	SensIRcc.lib[741]	Montmorillonite Chambers, AZ	1318-93-0
0.8696	SensIRcc.lib[710]	Florisil (MgSiO <sub>3</sub> ), 85% SiO <sub>2</sub> + 15% MgO	1343-88-0
0.8554	SensIRcc.lib[2815]	Cerium IV sulfate	13590-82-4
0.8395	SensIRcc.lib[3177]	Ficoll	
0.8125	SensIRcc.lib[750]	Saponite, Big Sandy (Processed) Kingman	
0.8105	Excipients.lib[78]	Kaolin	1332-58-7
0.8087	SensIRcc.lib[2388]	Aluminum phosphate	7784-30-7
0.8003	SensIRcc.lib[1532]	Ferric sulfate	10028-22-5
0.7874	SensIRcc.lib[2814]	Cerium III sulfate	13454-94-9
0.7803	SensIRcc.lib[2816]	cerous sulfate	13454-94-9
0.7706	SensIRcc.lib[2428]	Ferric subsulfate	1310-45-8
0.7661	SensIRcc.lib[2400]	Ammonium fluoborate	13826-83-0

Identidad de suelos  
 Identidad de metales



## CONCLUSIÓN

Para la zona correspondiente al sector El Morado, de acuerdo con los estudios antes señalados, se puede establecer que en las rocas locales se identifican diversos componentes de metales y sales, principalmente sales de carbonatos, plomo, hierro, flúor, aluminio, boro y manganeso entre los más frecuentes, junto a sílices; por el contrario, los menos frecuentes son níquel, cromo, plata, zinc y cobre, todos los cuales son propios de la conformación geológica de la zona geográfica del Cajón del Maipo y su origen volcánico. En las fotos anexas al muestreo se observan los desplazamientos en masa propios y característicos de la zona asociados a los deshielos, con la acumulación de material fino y de mediano tamaño en las riberas del Estero El Morado y además, se depositan en los márgenes constituyendo morrenas de material que por acción de la erosión en el tiempo se desagregan y se movilizan por la dinámica del ambiente hacia los bordes de dicho estero, debido a los movimientos gravitacionales, terminando como depósitos finos o sedimentos en el lecho del río, de tal modo las fracciones más finas serán movilizadas a través de los cursos de aguas.

En la zona correspondiente al humedal de ciclo corto, en su área central y en lo que fuese el reciente fondo del “charco”, que a la fecha del muestreo se encuentra con una importante reducción de su cantidad de agua, se distinguen una superficie clara y otra oscura en profundidad y cuyo espesor no sobrepasa los 2, 5 a 3 cm. En ambas zonas se identifican principalmente componentes metálicos de origen natural muy similares a la composición de las rocas de la zona.

Este humedal de ciclo corto permite el desarrollo de vegetación silvestre y algunas gramíneas que facilitan el desarrollo de especies silvestres y domésticas manteniendo los ciclos biológicos reproductivos, manifestados en la presencia de crías de equinos e insectos en plena reproducción.

Dra. Laura Borgel A. y Compañía Limitada

[asesorias@toxicologia.org](mailto:asesorias@toxicologia.org) – [dra.borgel@toxicologia.org](mailto:dra.borgel@toxicologia.org)

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478

**En resumen, se puede establecer que:**

**Los componentes de las rocas y suelos (fondo del humedal de ciclo corto) presentan metales y sales de origen natural.**

**Por acción de los desplazamientos en masa del material rocoso, asociados a deshielos, este se moviliza hacia los cursos de ríos, siendo mayor su deslizamiento gravitacional mientras menor sea el tamaño de sus partículas, para finalmente alcanzar los sedimentos y cursos de ríos.**

**Los desplazamientos locales en superficie y confinados en el área o microcuencas, que no alcanzan el curso de los ríos, se dan a partir de las escorrentías locales superficiales favorecidas por las pendientes y quebradas que conducen a los múltiples humedales de ciclo corto. Estas quebradas arrastran material de pequeño tamaño y fino hacia puntos declives de confluencia del humedal y conforman una fuente de agua y vegetación para las diversas especies de la zona.**

## MATRIZ AGUA:

### Movimiento de elementos traza en los ecosistemas

Los elementos descritos y detectados para las muestras de piedra de la zona, poseen la capacidad de movilizarse a los cursos de agua, por distintos mecanismos, resumidos en la siguiente Figura.

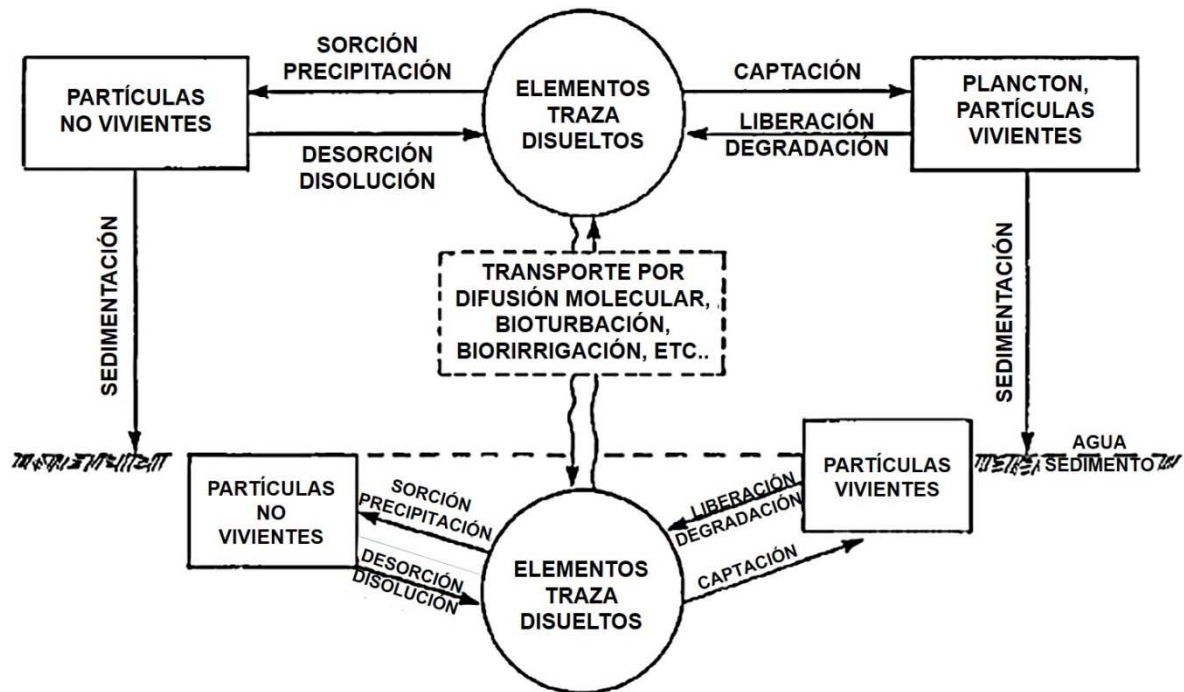


Figura 2.41. **Procesos que afectan la distribución de los elementos traza en los sistemas acuáticos** (Hogdson, 2003)

Para que se presente esta situación, es necesario que los elementos presentes en las rocas, después de un largo proceso de miles de años de exposición a las condiciones climáticas y telúricas, se encuentren en una condición de micropartículas. Los metales en estas micropartículas, una vez ingresados al medio acuático, sufren cambios en sus valencias por acción del pH del agua, los microorganismos, otras partículas vivas y la interacción con otros elementos (metales y metaloides).

**Concentraciones máximas de metales en agua de ríos de cuenca del Maipo, promedio para periodos señalados versus límites permisibles de normas nacionales e internacionales (mg/L):**

Basándose en los datos de registros de la Dirección General de Aguas, Parámetros Físico Químicos Datos Mensuales, para los periodos de 1990-1999, 2000-2009 y 2010-2015, fue posible conocer los niveles y las tendencias de las concentraciones de los metales en las aguas de los siguientes ríos principales en la cuenca del Maipo: Olivares, Colorado, Volcán, Yeso y Maipo, que se muestran a continuación:

Tabla 2.21. **Datos de monitoreo histórico de As, Cd, Cr y Pb en estaciones de monitoreo y valores de referencia nacional e internacional** (Elaboración propia, 2016)

ELEMENTO	arsénico			cadmio			cromo *			plomo		
	1990 1999	2000 2009	2010 2015	1990 1999	2000 2009	2010 2015	1990 1999	2000 2009	2010 2015	1990 1999	2000 2009	2010 2015
RIO												
Olivares	0,006	0,035	0,021	0,01	0,01	0,004	0,01	0,043	0,03	0,01	0,05	0,07
Colorado	0,048	0,083	0,138	0,01	0,01	0,01	0,04	0,007	0,03	0,04	0,05	0,07
Volcán	0,103	0,032	0,049	0,01	0,01	0,01	0,02	0,030	0,03	0,163	0,08	0,07
Yeso	0,015	0,020	0,009	0,01	0,01	0,01	0,01	0,017	0,03	0,010	0,050	0,07
Maipo Mel	0,040	0,035	0,056	0,013	0,01	0,01	0,06	0,03	0,03	0,040	0,07	0,07
Maipo Mz	0,093	0,053	0,099	0,01	0,01	0,024	0,03	0,027	0,03	0,037	0,053	0,07
NCh 409 2005	0,01			0,01			0,05 tot			0,05		
OMS 2008	0,01			0,003			0,05 hex			0,01		
DS 143 2008	0,11 solo 1 sobre			0,033 solo 1 sobre 0,1 **			0,55 tot 1,0 **			0,11 solo 1 sobre 0,36 **		
NCh 1333 1987	0,10			0,01 0,05 total			0,10 tot			5,0		
DS 90 2000	0,50			0,01			0,05 hex			0,05		
*todos son cromo hexavalente				**Valor ante situaciones de emergencia ambiental diaria								

Tabla 2.22. **Datos de monitoreo histórico de Fe, Mn, Zn y Cu en estaciones de monitoreo y valores de referencia nacional e internacional** (Elaboración propia, 2016)

ELEMENTO	hierro total			manganeso total			zinc			cobre		
	1990 1999	2000 2009	2010 2015	1990 1999	2000 2009	2010 2015	1990 1999	2000 2009	2010 2015	1990 1999	2000 2009	2010 2015
RIO												
Olivares	2,6	19,9	10,8	0,54	1,30	1,39	0,04	0,10	0,09	0,07	0,13	0,09

Dra. Laura Börgel A. y Compañía Limitada

[asesorias@toxicologia.org](mailto:asesorias@toxicologia.org) – [dra.borgel@toxicologia.org](mailto:dra.borgel@toxicologia.org)

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478

Colorado	28,7	55,6	40,0	2,86	3,55	3,88	0,15	0,23	0,23	0,22	0,24	1,31
Volcán	17,8	44,8	29,9	0,86	1,77	3,30	0,84	0,31	0,27	0,07	0,14	0,20
Yeso	8,2	14,2	7,9	0,12	0,50	0,48	0,05	0,17	0,04	0,07	0,05	0,03
Maipo Mel	11,5	36,2	40,3	0,47	1,33	3,30	0,20	0,25	0,30	0,12	0,09	0,18
Maipo Mz	40,4	41,6	52,7	0,84	1,34	3,02	0,24	0,19	0,30	0,18	0,14	0,20
Valores de referencia												
NCh 409 2005	0,3			0,1			3,0			2,0		
OMS 2008	0,3			0,4			3,0			2,0		
DS 143 2008	-			-			-			-		
NCh 1333 1987	5,0			0,2			2,0			0,2		
DS 90 2000	5,0			0,3			3,0			1,0		

Tabla 2.23. Datos de monitoreo de Se, Ni, Al y B en estaciones de monitoreo y valores de referencia nacional e internacional (Elaboración propia, 2016)

ELEMENTO	Selenio			níquel			aluminio			boro		
	1990 1999	2000 2009	2010 2015	1990 1999	2000 2009	2010 2015	1990 1999	2000 2009	2010 2015	1990 1999	2000 2009	2010 2015
Olivares	0,001	0,005	0,001	0,01	0,03	0,05	3,6	23,2	13,8	-	1,0	1,5
Colorado	0,010	0,015	0,001	0,02	0,04	0,03	20,5	39,3	36,1	1,0	1,1	1,0
Volcán	0,001	0,005	0,001	0,01	0,03	0,02	13,2	36,8	22,2	-	1,0	1,1
Yeso	0,001	0,001	0,001	0,01	0,02	0,02	3,1	14,2	0,8	1,0	1,0	1,0
Maipo Mel	0,001	0,010	0,001	0,03	0,03	0,02	11,4	22,0	55,7	1,0	1,0	1,3
Maipo Mz	0,001	0,008	0,001	0,02	0,03	0,02	21,1	31,7	50,1	1,0	1,0	1,8
Valores de referencia												
NCh 409 2005	0,01			-			-			-		
OMS 2008	0,01			0,07			0,2			0,5		
DS 143 2008	-			-			-			-		
NCh 1333 1987	0,02			0,2			5,0			0,75		
DS 90 2000	0,01			0,2			5,0			0,75		

Tabla 2.24. **Datos de monitoreo histórico de Mo en estaciones de monitoreo y valores de referencia nacional e internacional** (Elaboración propia, 2016)

ELEMENTO	molibdeno		
	1990 1999	2000 2009	2010 2015
Olivares	0,01	0,05	0,11
Colorado	0,002	0,05	0,05
Volcán	0,023	0,05	0,05
Yeso	0,01	0,05	0,05
Maipo Mel	0,03	0,05	0,05
Maipo Mz	0,013	0,063	0,05
Valores de referencia			
NCh 409 2005	-		
OMS 2008	0,07		
DS 143 2008	-		
NCh 1333 1978, 1987	0,01		
DS 90 2000	1,0		

**Leyenda de las tablas:**

- **Negro:** valores que cumplen la norma
- **Rojo:** valores que exceden la norma
- **Verde:** valor aislado extremadamente alto por sobre la norma para arsénico
- **Amarillo:** valor más alto según zona de muestreo para arsénico
- Con **destacador:** los valores más altos por periodo y para un determinado cauce de un río

Tabla 2.25. **Concentraciones máximas de cromo en agua de ríos de cuenca del Maipo, promedio para periodo 2010-2015 (mg/L).**

Río	Cromo total	Cromo hexavalente	Cromo técnica ICP
Olivares	0,05	0,03	0,009
Colorado	0,05	0,03	0,02
Volcán	0,05	0,03	0,01
Yeso	0,05	0,03	Sin dato
Maipo nivel Melosas	0,06	0,03	0,015
Maipo nivel Manzano	0,05	0,03	0,01

**Tabla 2.26. Valores de referencia de metales para calidad de agua presentes en diferentes normas nacionales e Internacionales (mg/L).**

Referencia	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba	Co	Mo	Be	B	Fe
OMS calidad del agua potable (a)	0,003	3	0,05	0,01	2	0,07	0,01	0,2	0,01	0,4	0,1		0,7		0,07		0,5	0,3
NCh 409 agua potable (b)	0,01	3	0,05	0,01	2		0,05		0,01	0,1								0,3
DS 143 uso recreacional (c)	0,033		0,55	0,11			0,11											
NCh 1333 Of 78 calidad de agua diferentes usos (d)	0,010	2	0,10	0,10	0,20	0,20	5	5	0,020	0,20	0,20	0,10	4	0,050	0,010	0,10	0,75	5
Decreto 90 contaminantes en descargas residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales(e)	0,01	3	0,05*	0,5	1	0,2	0,05	5	0,01	0,3					1		0,75	5
ATSDR	0,005 (f)	5(g)	0,1(h)	0,018 (i)	1,38(j)	0,1(k)	0,015 (l)	0,05-0,2(m)	0,05(n)	0,38(ñ)	0,05(o)	0,0000 4-0,22 (p)	2(q)	0,001-0,002 (r)		0,004 (s)	1 (t)	

\* como cromo hexavalente;

a) OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2006. p. 136, 159, 249, 250, 252, 255, 270, 271, 310, 312, 315, 318, 325, 329, 342-344, 362, 394. ;b) Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Agua potable, Parte 1- Requisitos. p.4, 5;c) D.S. N° 143. Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.2008. p. 89, 90.;d) Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, Modificada en 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. p. 4;e) Decreto 90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. 2001. p. 5, 6.f) ATSDR. Toxicological Profile for Cadmium. 2012. p. 8.g) ATSDR. Toxicological Profile for Zinc. 2005. p.8; h) ATSDR. Toxicological Profile for Chromium. 2012. p. 7.i) ATSDR. Toxicological Profile for Arsenic. 2007. p. 10.j) ATSDR. Toxicological Profile for Copper. 2004. p. 4; k) ATSDR. Toxicological Profile for Nickel. 2005. p. 9; l) ATSDR. Toxicological Profile for Lead. 2007. p. 16; m) ATSDR. Toxicological Profile for Aluminum. 2008. p. 8.n) ATSDR. Toxicological Profile for Selenium. 2003. p. 10.ñ) ATSDR. Toxicological Profile for Manganese. 2012. p. 9.o) ATSDR. Toxicological Profile for Silver. 1990. p. 5; p) ATSDR. Toxicological Profile for Vanadium. 2012. p. 4.q) ATSDR. Toxicological Profile for Barium. 2007. p.7.r) ATSDR. Toxicological Profile for Cobalt. 2004. p. 7.s) ATSDR. Toxicological Profile for Beryllium. 2002. p. 10.;t) ATSDR. Toxicological Profile for Boron. 2010. p. 7

## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS O COMENTARIOS

Como ya se señaló, esta información se basó en los registros de la Dirección General de Aguas, Parámetros Físico Químicos Datos Mensuales, para los periodos de 1990-1999, 2000-2009 y 2010-2015, pudiendo conocer los niveles y las tendencias de las concentraciones de los metales en las aguas de los siguientes ríos principales en la cuenca del Maipo: Olivares, Colorado, Volcán, Yeso y Maipo.

Entre 1990 y 2015, los niveles de concentración de metales más altos en las aguas de los ríos estudiados se presentan en el periodo de los meses que van de octubre a marzo, o sea, en primavera y verano, coincidiendo con el periodo de deshielos e incremento en el volumen de caudales (lo cual se puede observar también en los registros de monitoreo de calidad de aguas, de la Dirección General de Aguas, del Ministerio de Obras Públicas, en el rubro dedicado a caudales). Al contrario, las concentraciones menores de metales se presentan en el lapso de abril-septiembre, o sea, otoño-invierno. Ello lleva a asumir que los incrementos de las concentraciones en primavera-verano se deben en gran medida a condiciones naturales y se puede descartar una incidencia en tales niveles de actividades antropogénicas en la cuenca, más aún al no existir históricamente actividades mayores que hayan intervenido extensa y significativamente los suelos.

Tales niveles de concentración se comparan con los valores de normas nacionales relativas a niveles de metales en aguas crudas fluviales para diferentes propósitos. En primer lugar y con el propósito de estimar una magnitud del riesgo potencial, se comparan con la norma nacional para agua potable (teniendo presente que es agua que logra esa condición una vez que recibe el tratamiento específico para hacerla potable) y en segundo lugar se comparan con la norma de agua para usos recreacionales con contacto directo y con la norma para agua de riego.

Para cada metal y para cada periodo señalado se calculó el promedio de las tres concentraciones más altas, que habitualmente se presentan entre los meses de octubre a marzo. Con la premisa y advertencia de que el análisis es de aguas fluviales naturales no tratadas y no aptas para consumo humano, las tablas



muestran una frecuente y permanente excedencia por sobre el valor de la norma de agua potable en el caso de arsénico, plomo, hierro, manganeso, aluminio y boro, y ocasionales excedencias en cadmio, cromo, selenio y molibdeno. Zinc, cobre y selenio en aguas de ríos están prácticamente siempre dentro de la norma de agua potable.

Tomando como referencia el riesgo relacionado con el arsénico, el valor de 0,05 mg/L en agua que OMS y Chile tenían como norma vigente hasta hace una década, y considerando que de los 16 promedios de arsénico que en el agua de ríos sobrepasan la norma chilena actual de 0,01 mg/l, solo son 7 los que sobrepasan el valor de 0,05, el cual actualmente está clasificado por la OMS como de riesgo moderado para agua de consumo humano por tiempo prolongado, lo que no es la situación que aplica a la realidad de este caso, pues estas aguas naturales o crudas no son de consumo humano.

**El riesgo para la salud por contacto recreacional directo es casi nulo para el caso de arsénico, cadmio, cromo y plomo, dado que solo en tres situaciones de un total de 72 se sobrepasa moderadamente la norma respectiva (DS 143).**

Respecto a la norma para uso del agua en riego, cromo, plomo, selenio y níquel están permanentemente dentro de la norma en las aguas de los ríos. Arsénico, cadmio, cobre y molibdeno en pocas ocasiones sobrepasan moderadamente la norma. En cambio, hierro, manganeso, aluminio y boro están casi en la totalidad de los promedios por encima de la norma y a menudo unas 10 a 15 veces por encima del valor límite permisible.

Las concentraciones permanentemente elevadas de varios de los metales durante los veranos entre 1990 y 2015, estarían indicando que se **deben a causas naturales asociadas a deshielos, deslaves y remociones en masa que ocurren en pendientes abruptas, propias de primavera y verano.**

**Comportamiento histórico de los caudales anuales y por periodos (ARCADIS 2008), relacionado con los puntos de muestreos de Dr Tchernitchin**

Tabla 2.27. Caudal de Río Colorado (m<sup>3</sup>/s)

PERIODO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1990-1999	61,87	47,28	32,62	20,10	18,24	16,36	15,82	15,21	19,79	23,44	38,16	53,33
2013-2015	40,2592	30,93	20,76	13,43	10,93	10,08	9,44	11,11	12,00	16,56	23,95	34,34

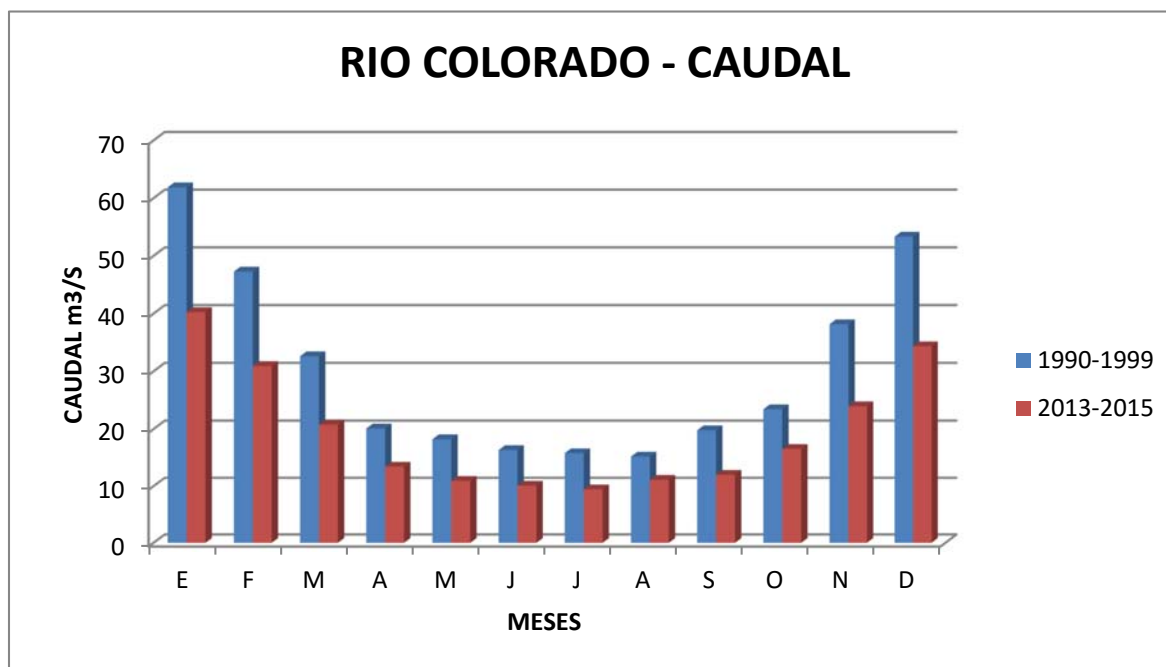


Figura 2.42. Representación gráfica de cambios en caudal en distintos periodos (Elaboración propia)

Destaca en la Figura 2.42, la variación estacional de los caudales del río Colorado, manteniendo la característica del comportamiento primavera verano versus otoño invierno propio de la cuenca del Maipo en general. Además, al comparar los promedios del periodo 1990 a 1999 con el periodo 2013 a 2015 se observa una disminución de este caudal, lo que se explica por los fenómenos de sequía en los últimos años.

Tabla 2.28. Caudal de Río Maipo, Estación El Manzano (m<sup>3</sup>/s)

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990 A 1999	196,08	138,57	99,05	72,67	88,10	63,51	63,11	61,22	73,49	94,47	150,33	188,85
2013 A 2015	121,6	89,23	67,85	55,71	47,34	49,70	45,78	47,95	51,86	84,76	111,98	116,75

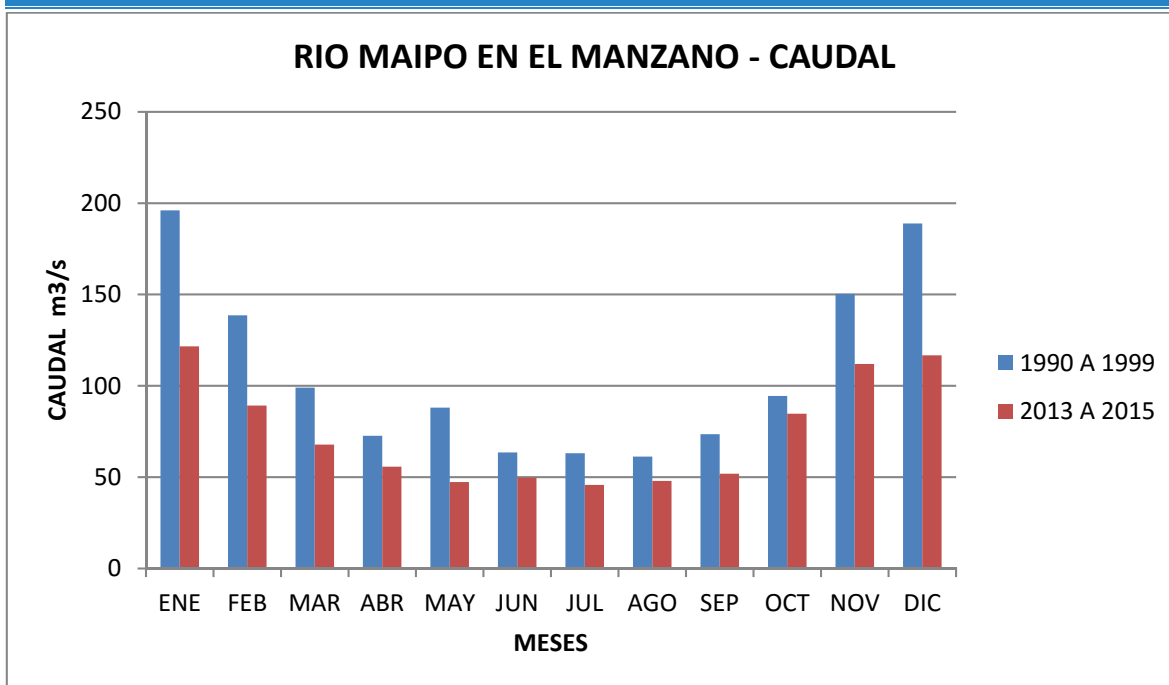


Figura 2.43. Representación gráfica de cambios en caudal en distintos periodos (Elaboración propia)

Destaca en la Figura 2.43, la variación estacional de los caudales del río Maipo en El Manzano, manteniendo la característica del comportamiento primavera verano versus otoño invierno propio de la cuenca del Maipo en general. Además, al comparar los promedios del periodo 1990 a 1999 con el periodo 2013 a 2015 se observa una disminución de este caudal, lo que se explica por los fenómenos de sequía en los últimos años.

Tabla 2.29. Caudal Río El Volcán, Estación Queltehues (m<sup>3</sup>/s)

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990 A 1999	22,88	12,55	6,45	2,75	2,68	2,69	1,74	1,76	2,35	3,91	11,41	19,06
2013 A 2015	10,75	8,38	2,50	1,03	1,01	1,73	1,66	1,75	2,17	4,67	8,61	10,14

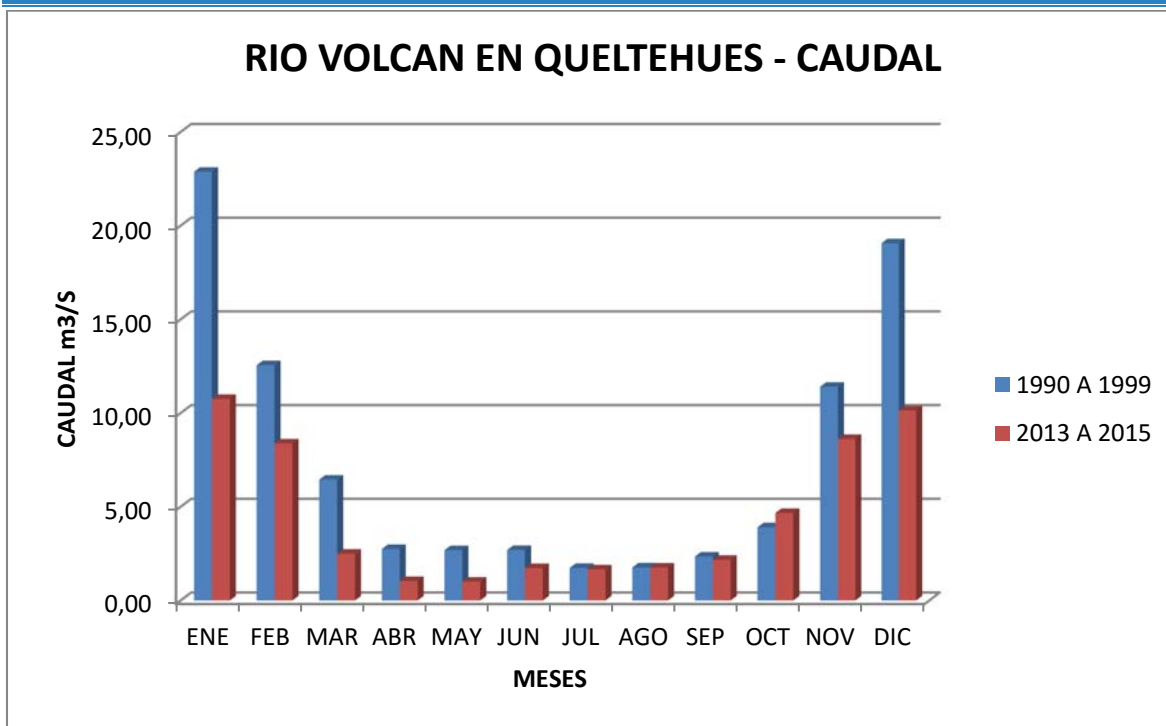


Figura 2.44. **Representación gráfica de cambios en caudal en distintos periodos** (Elaboración propia)

Destaca en la Figura 2.44, la variación estacional de los caudales del rio Volcán, manteniendo la característica del comportamiento primavera verano versus otoño invierno propio de la cuenca del Maipo en general. Además, al comparar los promedios del periodo 1990 a 1999 con el periodo 2013 a 2015 se observa una disminución de este caudal, lo que se explica por los fenómenos de sequía en los últimos años

Estas variaciones en el caudal de los últimos años se asocian entre otras variables con sequías prolongadas de estos periodos, lo que incide en las mayores concentraciones para algunos metales que se aprecian para el periodo 2000-2009 y en particular 2010-2015 en comparación con el periodo previo. Esto se ve para arsénico en Rio Colorado y Maipo Melosas, cadmio en Rio Maipo El Manzano, cromo en ríos Volcán y Yeso, plomo en 5 de los 6 ríos, hierro en rio Maipo, manganeso en todos los ríos, cobre en ríos Colorado y Maipo, aluminio, boro y molibdeno en casi todos los ríos. Lo señalado se puede verificar al comparar los caudales entre los periodos 1990-1999 y 2013-2015 (Figuras 2.42, 2.43 y 2.44). Los

menores caudales (léase sequía) de 2010-2015 podrían estar explicando las mayores concentraciones de los metales en este periodo.

Los meses en los cuales más frecuentemente se presentan los valores más altos de los metales van entre octubre y marzo; las mayores frecuencias por mes varían según los tres periodos estudiados; a saber y en el orden mensual de frecuencias:

- Para 1990-1999: octubre, enero, diciembre, noviembre
- Para 2000-2009: enero, octubre
- Para 2010-2015: enero, octubre, noviembre

Otra fuente de datos sobre metales en aguas es el **programa de “entornos saludables del Ministerio de Salud” (ver anexo)** en el que se desarrolla la actividad de vigilancia de lo que se denomina *aguas rurales de consumo humano*. Se efectúan regularmente en terreno análisis físico-químico de aguas catalogadas para consumo humano procedentes de diferentes fuentes cloradas y no cloradas (vertientes, estanques, canales, casas, camping, posta). El análisis de 31 informes aparentemente seleccionados al azar de muestras de dichas aguas en diferentes puntos de la cuenca del Río Maipo entre los años 2013 y 2015, presenta los siguientes resultados en cuanto a concentraciones los metales de interés que se señalan confrontados con los límites establecidos por la norma chilena de agua potable del año 2005 (NCh 409):

Tabla 2.30. **Datos 31 informes de monitoreo de As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Pb y Zn en estaciones de monitoreo** (Elaboración propia, 2016)

Metal	NCh 409 (mg/L)	Límite de detección analítica (mg/L)	Nº con valor conocido dentro del límite de la norma (Nº por bajo límite de detección)	Nº sobre valor de la norma
Arsénico	0,01	0,003	17 (11)	3
Cadmio	0,01	0,004	(31)	
Cobre	2,0	0,15	(31)	
Cromo total	0,05	0,005	(31)	

Hierro	0,30	0,08	3 (22)	6
Manganeso	0,10	0,02	2 (28)	1
Plomo	0,05	0,016	(31)	
Zinc	3,0	0,17	(31)	

De las 31 muestras, 10 mostraron valores por sobre los límites permitidos, en donde **arsénico, hierro y manganeso** los sobrepasaron 3, 6 y 1 vez, respectivamente. Seis de las 10 excedencias ocurrieron en los meses de **noviembre y diciembre**, coincidente con el perfil de altas concentraciones estacionales en los ríos. El hierro llegó a sobrepasar 4 veces al valor de la norma para agua de consumo humano (1,27 mg/L vs 0,3 mg/L); sin embargo, dicha excedencia está muy lejana de los altos niveles encontrados en los ríos de la cuenca y que se muestran en las tablas precedentes. Los tres valores de arsénico sobre la norma están algo más del doble de ella (0,024, 0,026 y 0,027 mg/L vs 0,010 mg/L), y cabe destacar que las concentraciones de arsénico en los ríos fueron a menudo tres a cuatro veces más altas que estas excedencias halladas en el agua rural para consumo humano (conviene recordar que durante muchos años la norma nacional de arsénico en agua potable fue de 0,05 mg/L, nivel considerado seguro para fines de evitar los efectos adversos no carcinogénicos del arsénico). La única medición elevada de manganeso alcanzó a ser 13 veces el valor de la norma (1,3 mg/L vs 0,1 mg/L) pero aun así es bastante más baja que los hallazgos en aguas fluviales de la zona.

Las 21 muestras restantes muestran valores que están dentro de los rangos normativos; en ellas destacan cadmio, cobre, cromo, plomo y zinc, que estuvieron de modo permanente por bajo el límite analítico de detección respectivo.

En esta información que consideramos algo restringida, es llamativa la gran brecha que se observa en las concentraciones de los metales entre el agua rural de consumo humano y las aguas fluviales. En parte ello reflejaría la influencia importante de los factores climático-estacionales en el aporte masivo de metales al agua de ríos. Un análisis de las condiciones de las fuentes de agua de consumo

humano en la zona y de si reciben otros tratamientos aparte de la cloración, podría ayudar a mejor comprender estas diferencias

**De los muestreos aislados de agua de diversos orígenes recolectadas el 24 de noviembre 2015 por Dr Tchernitchin y analizados en CENMA versus los muestreos efectuados por SGS para los días 28 y 29 enero 2016:**

Durante el 24 de noviembre de 2015, el Dr Tchernitchin efectuó muestreos puntuales aislados en las microzonas de El Volcán, Los Maitenes, Aucayes y El Manzano. Estas muestras fueron ingresadas por un particular (Sra. Macarena Martínez Satt) al día siguiente al laboratorio de CENMA, cuyo informe no precisa la presencia de cadena de custodia ni reporte del muestreo para ser analizadas. CENMA utilizó 2 técnicas analíticas: Absorción atómica e ICP plasma, con resultados diferentes (ver anexos 1 y 2).

Durante el 28 y 29 de enero de 2016, por parte de SGS, se tomaron y analizaron muestras aisladas en los puntos referenciados para el muestreo de nov de 2015, a excepción de la vertiente en la microzona de El Volcán por estar seca, y del pozo de El Manzano, donde no fue posible muestrear el mismo, eligiéndose uno alternativo en la misma comunidad. Estas muestras registran su reporte de muestreo con cadena de custodia y método analítico de acuerdo a procedimiento validado según Manual de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, 2007 (ver anexo 3).

Del total de 4 muestras aisladas recolectadas en las microzonas, solo 1 es clasificada para consumo humano (comunidad Lomas del Manzano). Las otras 3 corresponden a muestra de agua cruda sector El Volcán, agua de canal de regadío sector Aucayes y agua cruda de vertiente para fines de aguas recreacionales de Carabineros (sector Los Maitenes).



Figura 2.45. Fotografías de origen y tratamiento de aguas de llave muestreada por Dr. Tchernitchin, en Centro Recreacional de Carabineros de Chile. (Fotografías cortesía de Dn. José Bravo)





**Figura 2.46. Fotografías de origen y tratamiento de aguas de llave muestreada por Dr. Tchernitchin, en Centro Recreacional de Carabineros de Chile.**  
(Fotografías cortesía de Dn. José Bravo)



**Figura 2.47. Fotografías de origen y tratamiento de aguas de llave muestreada por Dr. Tchernitchin, en Centro Recreacional de Carabineros de Chile.**  
(Fotografías cortesía de Dn. José Bravo)



**Figura 2.48. Fotografías de origen y tratamiento de aguas de llave muestreada por Dr. Tchernitchin, en Centro Recreacional de Carabineros de Chile.** (Fotografías cortesía de Dn. José Bravo)

Las fotografías (Figuras 2.45, 2.46, 2.47 y 2.48), son correspondientes al registro fotográfico que muestra el origen del agua muestreada por el Dr. Tchernitchin en el centro recreacional de Carabineros. Esta agua muestreada proviene directamente desde el estero Aucayes a una piscina de acumulación, donde una parte se deriva a la planta de tratamiento para consumo humano y otra se utiliza sin tratamiento para riego y llenado de piscina, de esta llave destinada a riego y llenado de la piscina, es el punto de muestreo del 24 de noviembre 2015.

A pesar que no todas estas muestras tienen uso de consumo humano, se contrastaron contra la Norma Chilena 409, que establece los valores de agua apta para consumo humano.

Los métodos analíticos entre ambos laboratorios tienen distintos niveles de detección y de cuantificación, por tanto, los cortes altos en el nivel de detección determinan valores más altos desde el punto de vista de la concentración, como es la situación de CENMA comparada con el SGS, el cual tiene valores de detección y

cuantificación menores. Es decir, mientras más alto sea el nivel de detección y de cuantificación del método utilizado, dará un valor relativo más alto en las concentraciones, por lo cual éstas no se ajustarán a las concentraciones reales y dicho valor corresponde a un falso positivo (ver anexo 1).

Tabla 2.31. **Resultados de muestreos comparados**

**LOCALIZACIÓN: ALTO VOLCÁN - VENTANA 1 CHARCO LAGUNA**  
**CODIFICACIÓN: CMA – 260 (Dr Tchernitchin) versus ES16-04973-1(SGS)**

METAL	SGS	TCH/CENMA	TCH/CENMA	NCh 409
	MANUAL SISS 2007	ABS. ATÓMICA	ICP PLASMA	
ARSÉNICO	0,006	0,0105	<0,015	0,01
ALUMINIO	1,8	NR	13,570	0,2*
HIERRO	4,16	NR	16,310	0,3
MANGANESO	0,12	NR	0,245	0,1
PLOMO	<0,01	NR	0,027	0,05
SELENIO	<0,001	0,0073	<0,010	0,01

(\*) Valor OMS, NCh 409 no reporta  
 NR : Valor no reportado

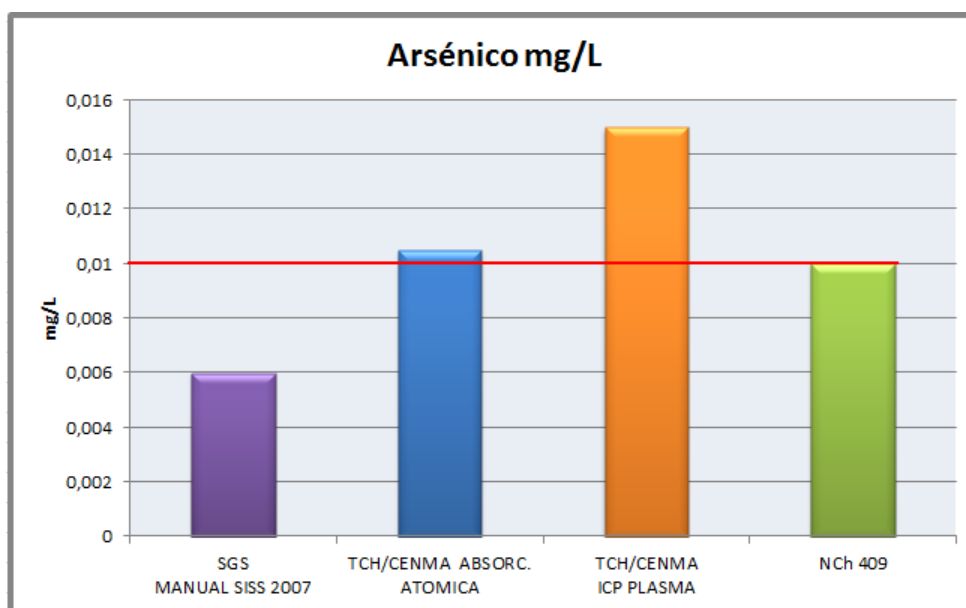


Figura 2.49. **Representación gráfica de resultados de muestreos**

Para **arsénico en agua cruda**, el valor de SGS se encuentra bajo el límite establecido en la NCh 409. No así los resultados de CENMA, los cuales se encuentran por el método absorción atómica discretamente sobre el valor referenciado por esta norma y por ICP Plasma el valor estaría sobrepasado para

dicha Norma (lo que se define como **falso positivo** por tener la técnica analítica un límite de detección y cuantificación alto). Por otro lado, cumple para aguas de diferentes usos y con los valores de ATSDR referenciados. Debe considerarse que esta agua cruda no cumple la clasificación de agua de consumo humano; por otra parte, el valor más alto para la técnica ICP Plasma de CENMA, no sobrepasa el valor de 0,05 mg/L establecido por OMS como de riesgo moderado para agua de consumo humano por tiempo prolongado, lo que no es la situación que aplica a la realidad de este caso, pues estas aguas naturales o crudas no son de consumo humano.

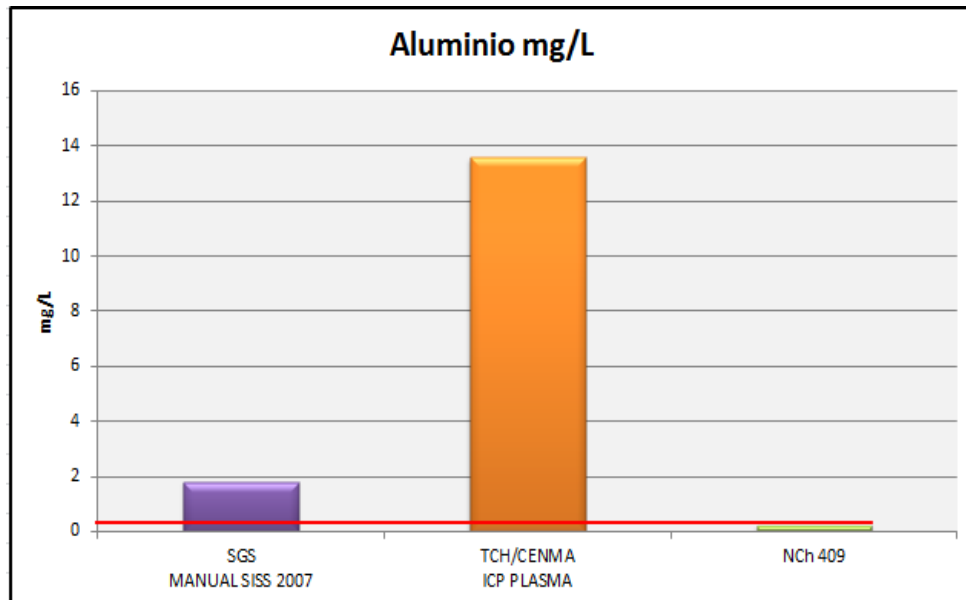


Figura 2.50. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **aluminio en agua cruda**, el valor de SGS cumple con la Norma Chilena 1333 /78 para aguas de diferentes usos, no siendo así con los valores de CENMA por ICP Plasma. Ambos resultados para esta agua cruda no cumplen los requerimientos para agua de consumo humano de OMS, pero por sus características de agua cruda ésta no aplica a la clasificación de agua de consumo humano.

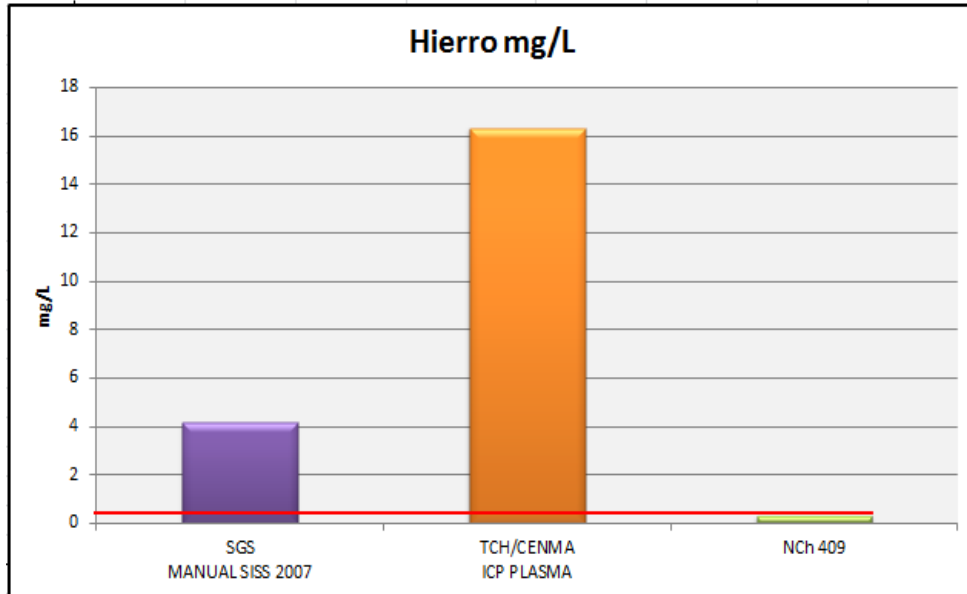


Figura 2.51. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **hierro en agua cruda**, el valor de SGS cumple con la Norma Chilena 1333 /78 para aguas de diferentes usos, no así el valor de CENMA por ICP Plasma. Ambos resultados para esta agua cruda no cumplen los requerimientos para agua de consumo humano (NCh 409), pero por sus características de agua cruda ésta no aplica a la clasificación de agua de consumo humano.

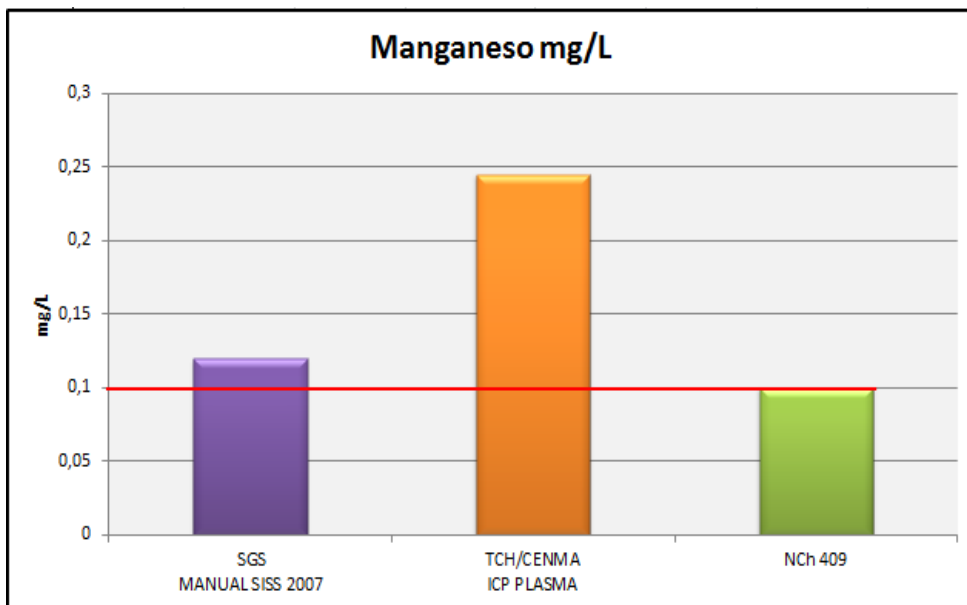


Figura 2.52. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **manganeso en agua cruda**, el valor de SGS cumple con la Norma Chilena 1333 /78 para aguas de diferentes usos, no así el valor de CENMA por ICP Plasma.

Ambos resultados para esta agua cruda no cumplen los requerimientos para agua de consumo humano (NCh 409), pero por sus características de agua cruda ésta no aplica a la clasificación de agua de consumo humano.

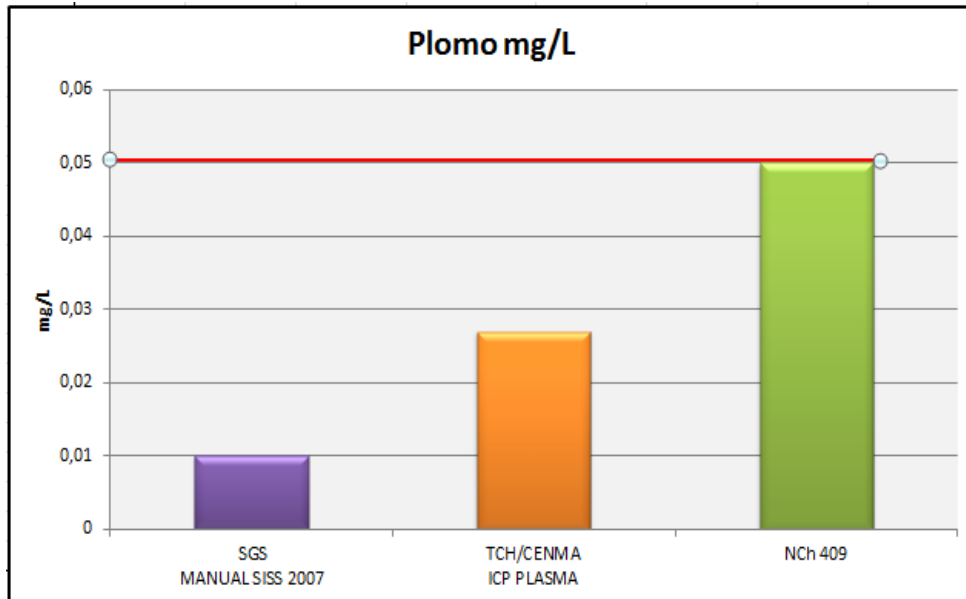


Figura 2.53. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **plomo en agua cruda**, los valores de SGS y de CENMA cumplen con la Norma Chilena NCh 409 de agua de consumo humano y con la NCh 1333 /78 para aguas de diferentes usos. Si bien ambos resultados para esta agua cruda cumplen los requerimientos de las Norma 409, esta agua cruda no clasifica para uso como bebida en humanos.

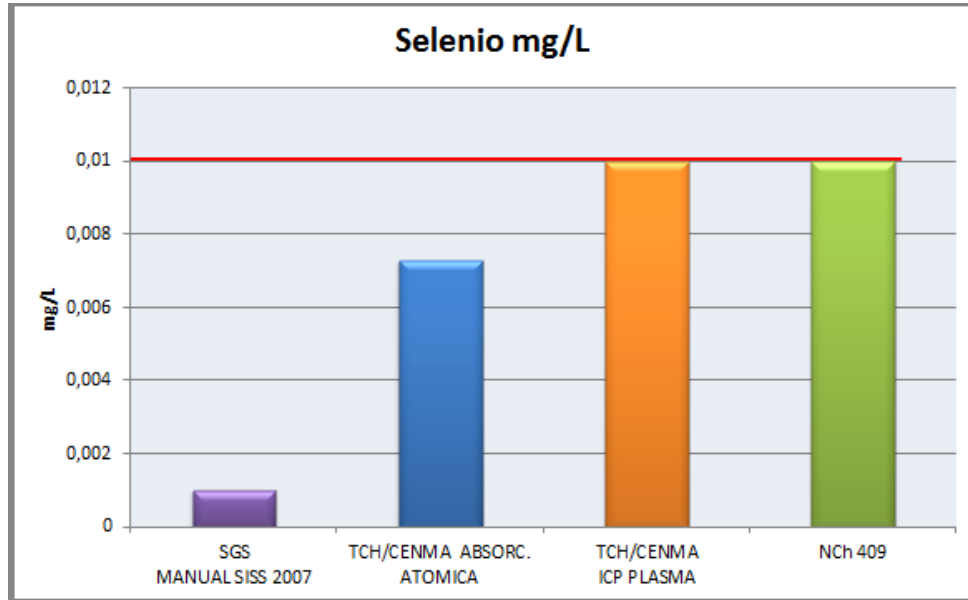


Figura 2.54. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **selenio en agua cruda**, los valores de SGS y de CENMA cumplen con la Norma Chilena NCh 409 de agua de consumo humano, con la NCh 1333 /78 para aguas de diferentes usos y con el D.S. 90. Si bien ambos resultados para esta agua cruda cumplen los requerimientos de las Norma 409, esta agua cruda no clasifica para uso de bebida en humanos.

Tabla 2.32. Resultados de muestreos comparados

**LOCALIZACIÓN: ALTO MAIPO - LOS MAITENES COLORADO (CANAL AUCAYES) CODIFICACIÓN: CMA – 261 (Dr Tchernitchin) versus ES16-04714-1(SGS)**

METAL	SGS	TCH/CENMA	TCH/CENMA	NCh 409
	MANUAL SISS 2007	ABS. ATÓMICA	ICP PLASMA	
ARSÉNICO	0,003	0,0037	<0,015	0,01
ALUMINIO	0,74	NR	7,987	0,2*
HIERRO	0,81	NR	8,702	0,3
MANGANESO	0,07	NR	0,340	0,1
PLOMO	<0,01	NR	<0,008	0,05
SELENIO	<0,001	<0,0006	<0,010	0,01

(\*) Valor OMS, NCh 409 no reporta  
NR : Valor no reportado

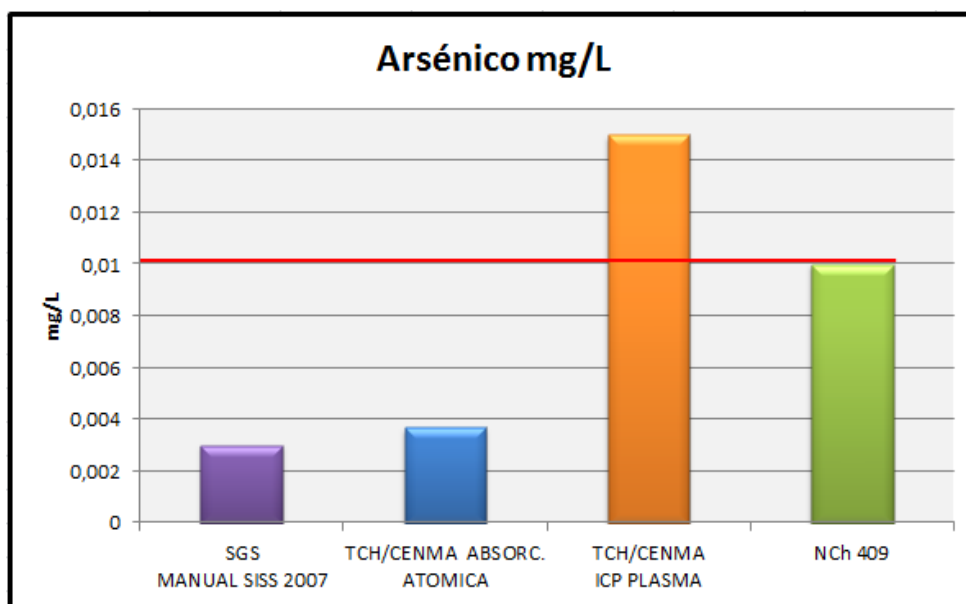


Figura 2.55. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **arsénico en agua de canal de riego**, los valores de SGS y CENMA por absorción atómica se encuentran bajo el límite establecido en la NCh 409. No así el resultado de CENMA por ICP Plasma (lo que se define como **falso positivo** por tener la técnica analítica un límite de detección y cuantificación muy alto) que estaría sobrepasado para dicha Norma. En cambio, cumple para aguas de diferentes usos y con los valores de ATSDR referenciados. Debe considerarse que esta agua de canal de riego no cumple la clasificación de agua de consumo humano. Por otra parte, cabe destacar que el valor mediante técnica ICP Plasma de CENMA, no sobrepasa el valor de 0,05 mg/L establecido por OMS como de riesgo moderado

Dra. Laura Börgel A. y Compañía Limitada

[asesorias@toxicologia.org](mailto:asesorias@toxicologia.org) – [dra.borgel@toxicologia.org](mailto:dra.borgel@toxicologia.org)

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478



para agua de consumo humano por tiempo prolongado, lo que no es la situación que aplica a la realidad de este caso, pues estas aguas naturales o crudas no son de consumo humano.

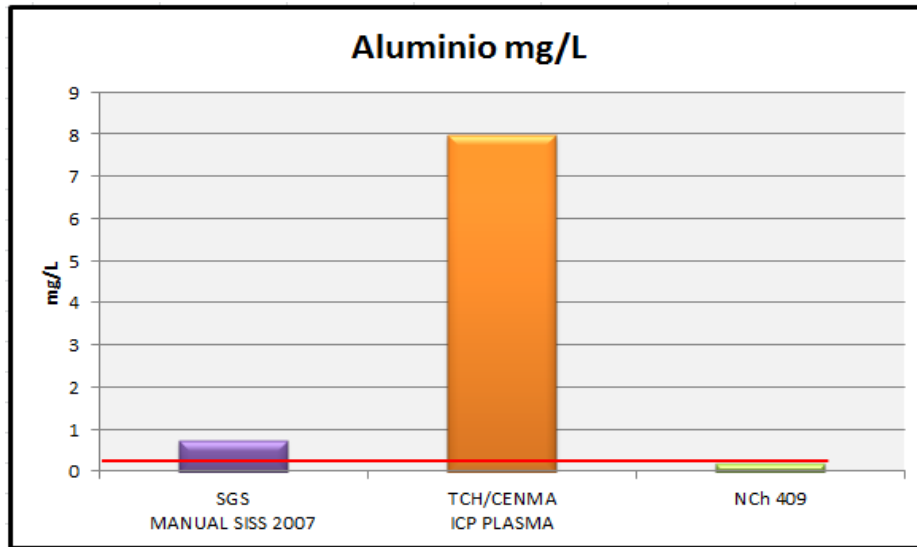


Figura 2.56. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **aluminio en agua de riego**, el valor de SGS cumple con la Norma Chilena 1333 /78 para aguas de diferentes usos y con el Decreto 90, no así el valor de CENMA por ICP Plasma. Ambos resultados para esta agua de riesgo no cumplen los requerimientos para agua de consumo humano de OMS, pero por sus características de agua de riego ésta no aplica a clasificación de agua de consumo humano. *Si la línea roja es la norma de la 1333, entonces no cumple, como dice al inicio, ojo revisar, la línea roja está en 0,2 que sería el valor OMS para agua potable*

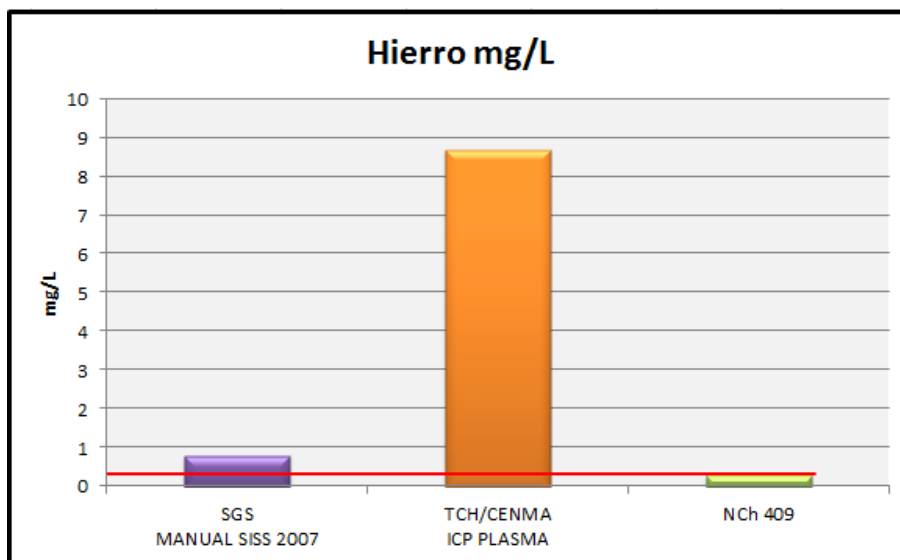


Figura 2.57. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **hierro en agua de riego**, el valor de SGS cumple con la Norma Chilena 1333 /78 para aguas de diferentes usos y con D.S. 90, no así el valor de CENMA por ICP Plasma. Ambos resultados para esta agua cruda no cumplen los requerimientos para agua de consumo humano (NCh 409) , pero por sus características de agua de riego ésta no aplica a clasificación de agua de consumo humano

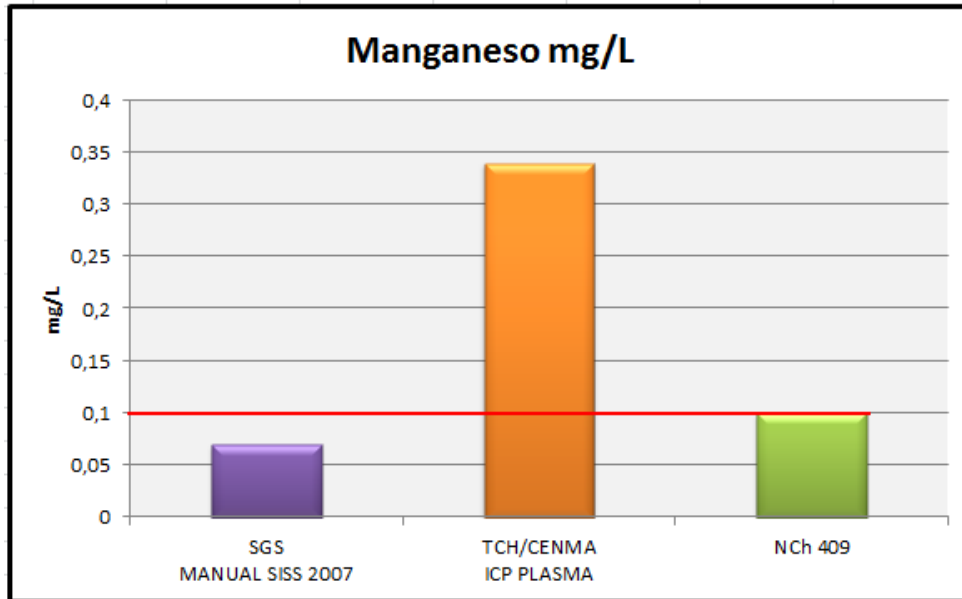


Figura 2.58. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **manganeso en agua de canal de riego**, el valor de SGS cumple con la Norma Chilena 1333 /78 para aguas de diferentes usos y con D.S. 90, no así el valor de CENMA por ICP Plasma. SGS cumple con el valor establecido para este parámetro en NCh 409. No odurre así con el valor de CENMA, pero por sus características de agua cruda no aplica a clasificación de agua de consumo humano.

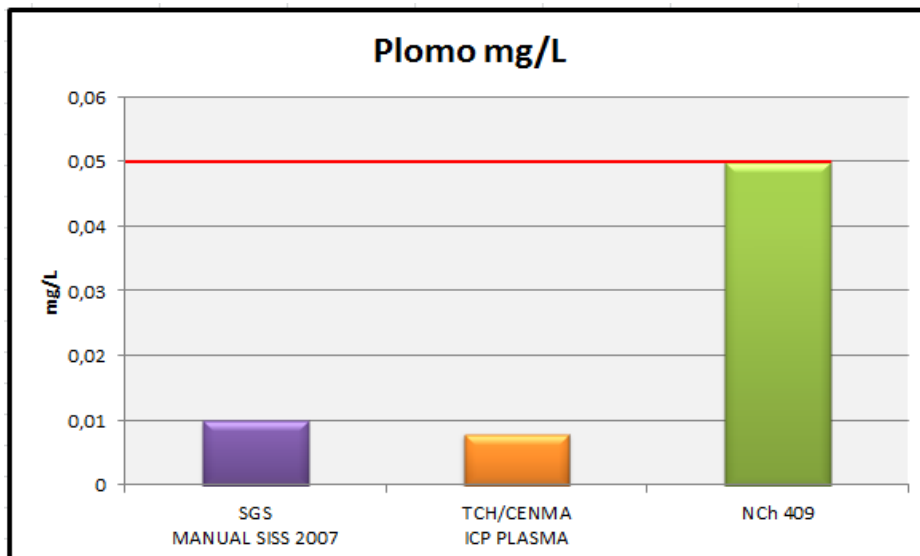


Figura 2.59. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **plomo en agua de canal de riego**, los valores de SGS y de CENMA cumplen con la Norma Chilena NCh 409 agua de consumo humano, con la NCh 1333 /78 para aguas de diferentes usos y con el D.S. 90. Si bien ambos resultados para esta agua cruda cumplen los requerimientos de las Norma 409, esta agua cruda no clasifica para uso de bebida en humanos.

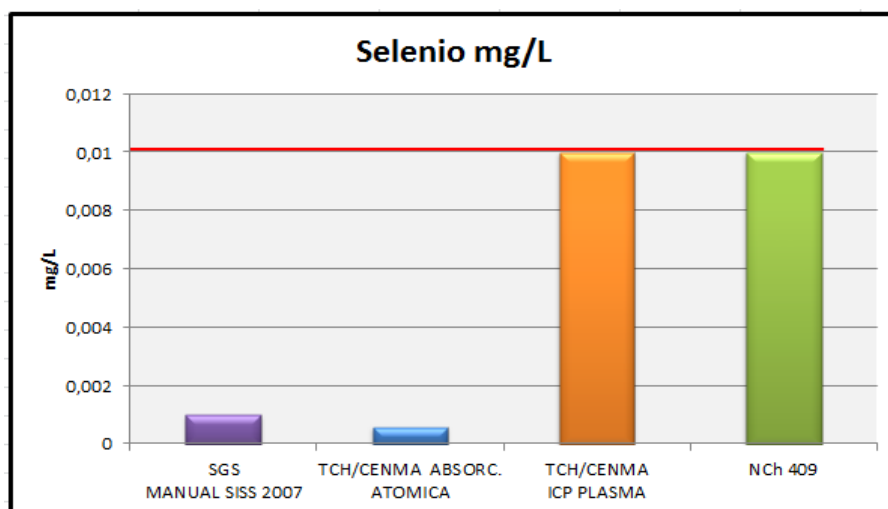


Figura 2.60. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **selenio en agua de canal de riego**, los valores de SGS y de CENMA cumplen con la Norma Chilena NCh 409 agua de consumo humano, con la NCh 1333 /78 para aguas de diferentes usos y con D.S. 90. Si bien todos los resultados para esta agua cruda cumplen los requerimientos de las Norma 409, esta agua cruda no clasifica para uso de bebida en humanos.

Tabla 2.33. Resultados de muestreos comparados

**LOCALIZACIÓN: ALTO MAIPO - LOS MAITENES COLORADO (CENTRO RECREACIONAL CARABINEROS) CODIFICACIÓN: CMA - 262 (Dr Tchernitchin) versus ES16-04713 (SGS)**

METAL	SGS	TCH/CENMA	TCH/CENMA	NCh 409
	MANUAL SISS 2007	ABS. ATÓMICA	ICP PLASMA	
ARSÉNICO	0,003	0,0026	<0,015	0,01
ALUMINIO	1,25	NR	1,637	0,2*
HIERRO	1,68	NR	0,926	0,3
MANGANESO	0,15	NR	0,031	0,1
PLOMO	<0,01	NR	<0,008	0,05
SELENIO	<0,001	<0,0006	<0,010	0,01

(\*) Valor OMS, NCh 409 no reporta  
NR Valor no reportado

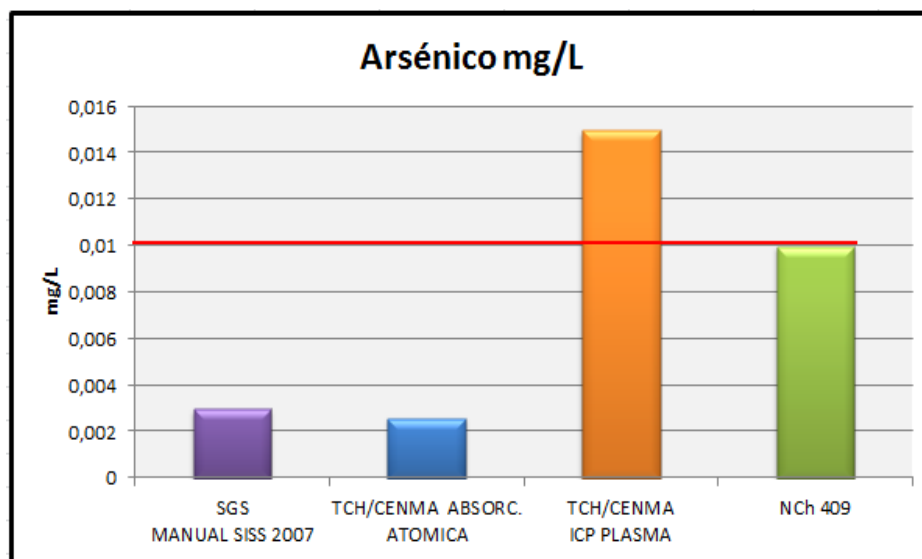


Figura 2.61. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **arsénico en aguas de vertiente**, los valores de SGS y de CENMA por absorción atómica se encuentran bajo el límite establecido en la NCh 409 para este parámetro y cumplen para calidad de agua de consumo humano, y además también para fines recreacionales. No se ve así para el resultado de CENMA por ICP Plasma (lo que se define como **falso positivo** por tener la técnica analítica un límite de detección y cuantificación muy alto) que estaría sobrepasado para dicha Norma.

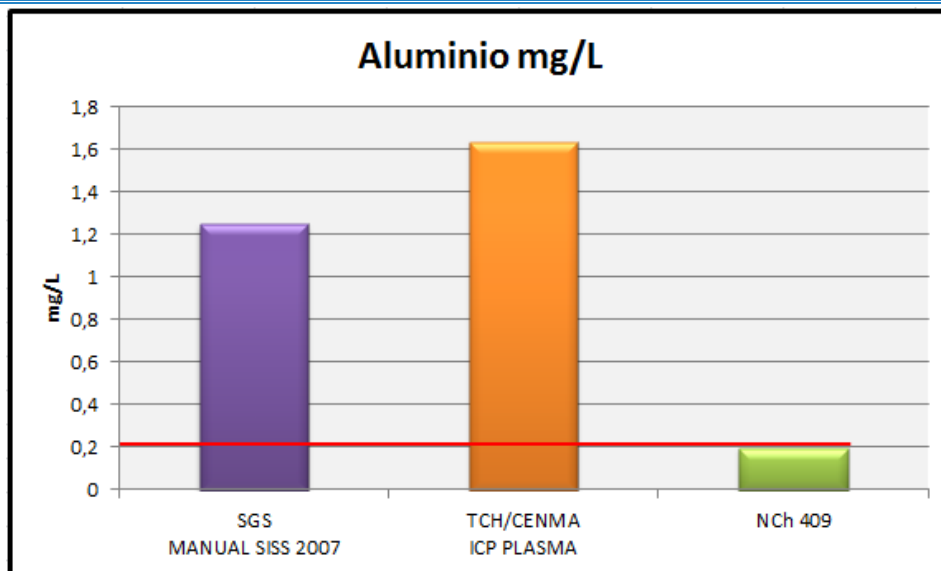


Figura 2.62. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **aluminio en aguas de vertiente**, los valores de SGS y CENMA no cumplen para este parámetro con el valor de OMS. La Norma Chilena(NCh 409) no tiene valores de referencia para aluminio en este ítem.

Estos valores de aluminio en agua de vertiente se relacionan con el origen natural de ésta y el arrastre por gravedad de este elemento sobre la superficie rocosa. Estas aguas de vertientes con alto contenido aluminio solo podrían generar efectos en salud si fueran ingeridas en forma permanente por enfermos con insuficiencia renal, dado que la carga ambiental, dietaria y de tipo de utensilios (ollas de aluminio) es bien tolerada en la población con función renal normal ya que los excedentes de aluminio en el organismo son eliminados por vía urinaria. Ingestiones aisladas, esporádicas no revisten riesgo; aún así, no clasifica como agua de consumo humano.

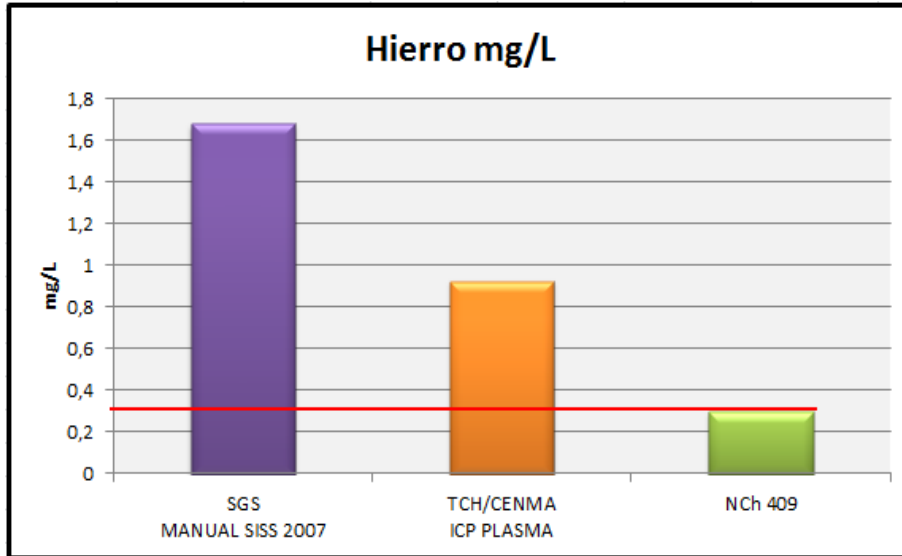


Figura 2.63. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **hierro en aguas de vertiente**, los valores de SGS y CENMA cumplen con la Norma Chilena 1333 /78 para aguas de diferentes usos. Ambos resultados para esta agua cruda no cumplen los requerimientos para consumo humano (NCh 409).

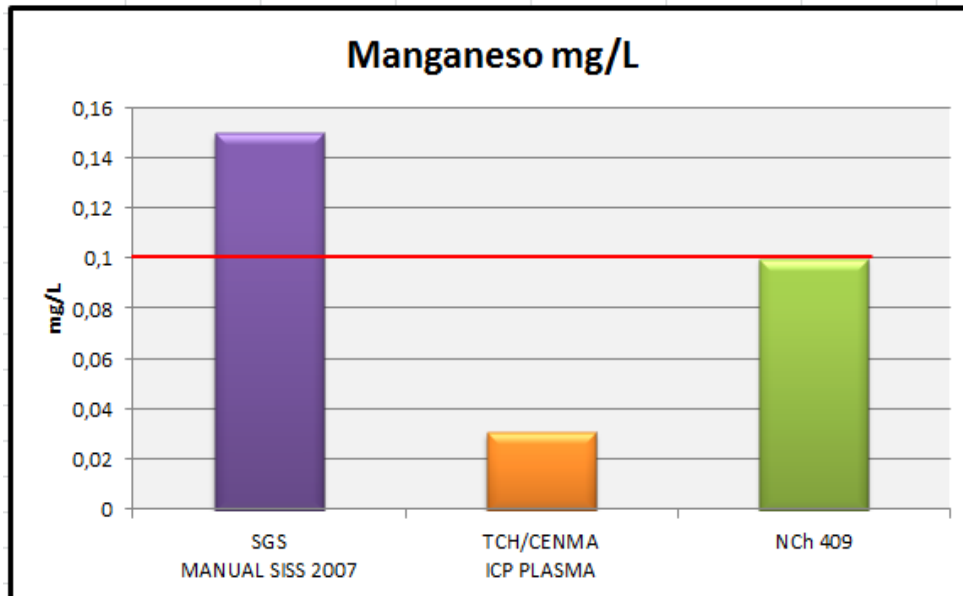


Figura 2.64. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **manganeso en aguas de vertiente**, los valores de CENMA y SGS cumplen con la Norma Chilena 1333 /78 para aguas de diferentes usos y con el D.S. 90. Solo los valores de CENMA cumplen los requerimientos para agua de consumo humano (NCh 409), pero por sus características de agua de vertiente no aplica a clasificación de agua de consumo humano

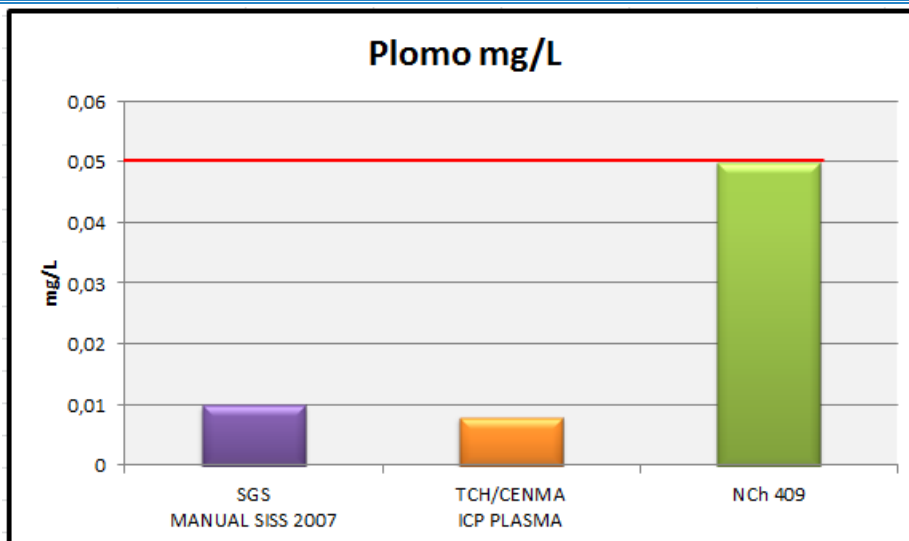


Figura 2.65. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **plomo en aguas de vertiente**, los valores de SGS y de CENMA cumplen con la Norma Chilena NCh 409 agua de consumo humano, con la NCh 1333 /78 para aguas de diferentes usos y con el D.S. 90. Si bien ambos resultados para esta agua cruda cumplen los requerimientos de la Norma 409, esta agua cruda no clasifica para uso de bebida en humanos

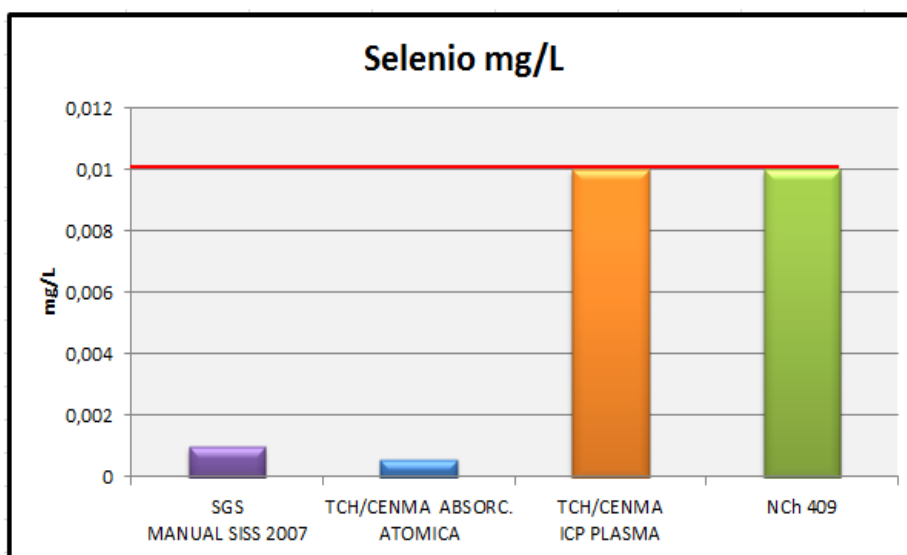


Figura 2.66. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **selenio en aguas de vertiente**, los valores de SGS y de CENMA cumplen con la Norma Chilena NCh 409 de agua de consumo humano, con la NCh 1333 /78 para aguas de diferentes usos y con el D.S. 90. Si bien todos los resultados para esta agua rural cumplen los requerimientos de las Norma 409, esta agua cruda no clasifica para uso como bebida en humanos.

Tabla 2.34 **Resultados de muestreos comparados**

**LOCALIZACIÓN: EL MANZANO - COMUNIDAD LOMAS DEL MAIPO**  
**CODIFICACIÓN: CMA – 263 (Dr Tchernitchin) versus ES16-04974-1 (SGS)**

METAL	SGS	TCH/CENMA	TCH/CENMA	NCh 409
	MANUAL SISS 2007	ABS. ATÓMICA	ICP PLASMA	
ARSÉNICO	0,003	0,0028	<0,015	0,01
ALUMINIO	<0,05	NR	0,084	0,2*
HIERRO	<0,01	NR	<0,100	0,3
MANGANESO	<0,01	NR	<0,001	0,1
PLOMO	<0,01	NR	<0,008	0,05
SELENIO	<0,001	<0,0006	<0,010	0,01

(\*) Valor OMS, NCh 409 no reporta

NR : Valor no reportado

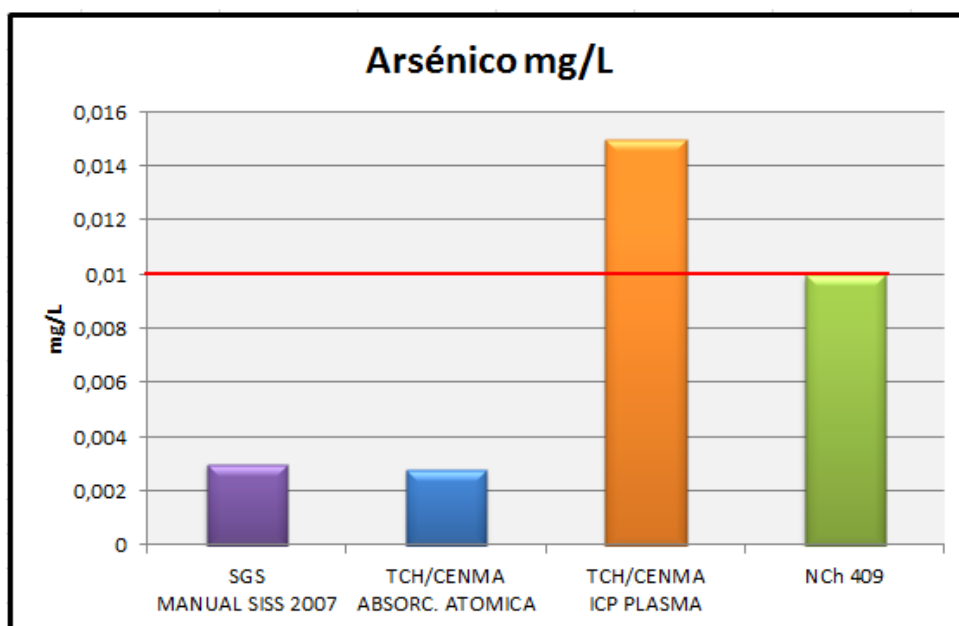


Figura 2.67. **Representación gráfica de resultados de muestreos**

Para **arsénico en agua de consumo humano**, los valores de SGS y CENMA por absorción atómica se encuentran bajo el límite establecido en la NCh 409 para este parámetro y cumplen para calidad de agua de consumo humano.

El resultado de CENMA por ICP Plasma (falso positivo) estaría sobrepasando el límite de dicha Norma. Este valor está directamente relacionado con el nivel de detección y cuantificación del método ICP Plasma. Impresiona –al igual que en los casos precedentes ya presentados- como sobrepasando la Norma, pero está



relacionado con un nivel de corte más alto para esta técnica y no corresponde a un valor real, es decir, es un falso positivo (anexo 1).

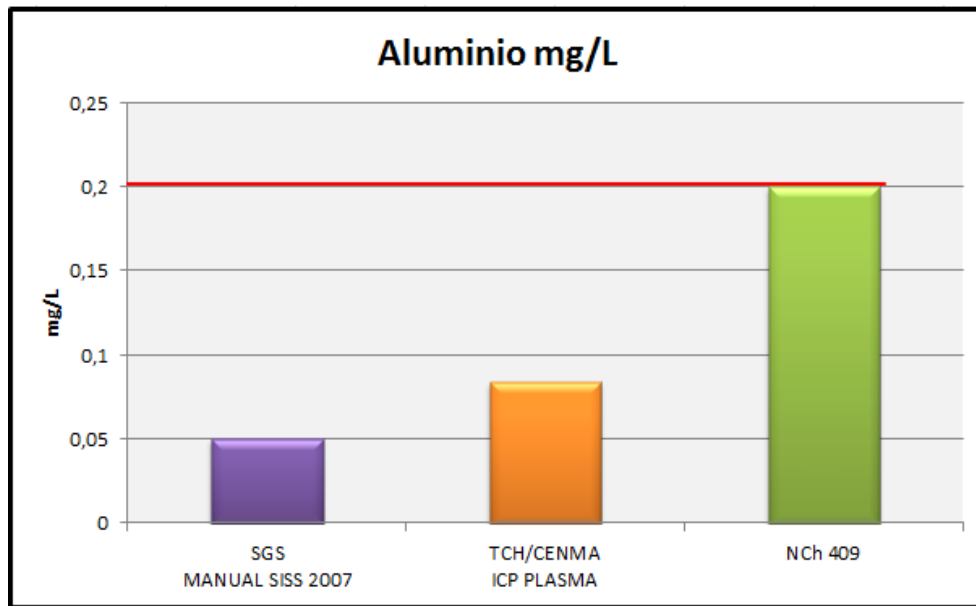


Figura 2.68. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **aluminio en agua de consumo humano**, los valores de SGS y CENMA cumplen para este parámetro con el valor recomendado por OMS. La Norma Chilena (NCh 409) no tiene valores de referencia para aluminio.

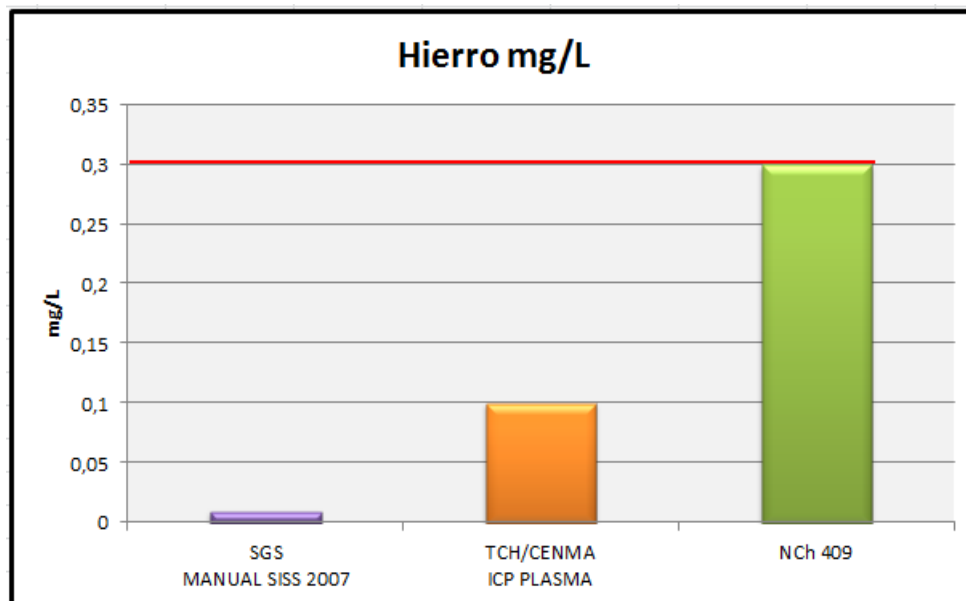


Figura 2.69. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **hierro en agua de consumo humano**, los valores de SGS y CENMA cumplen para este parámetro con el valor de la Norma Chilena(NCh 409).

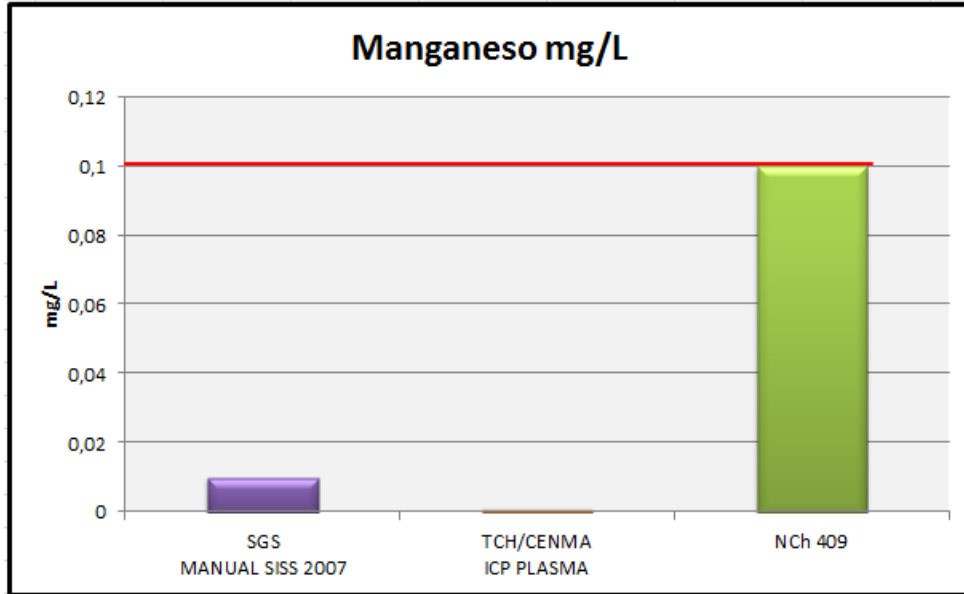


Figura 2.70. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **manganeso en agua de consumo humano**, los valores de SGS y CENMA cumplen para este parámetro con el valor de la Norma Chilena(NCh 409).

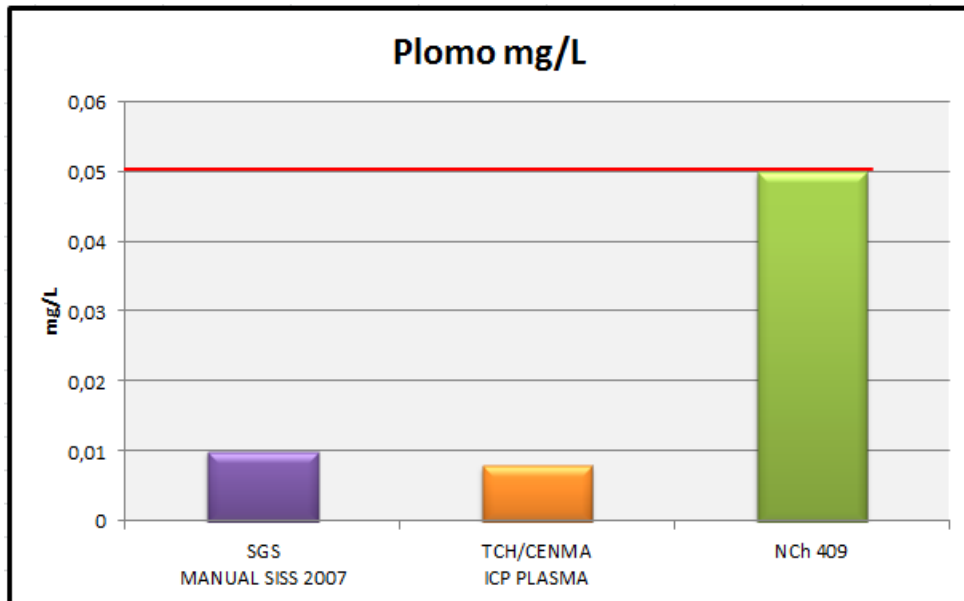


Figura 2.71. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **plomo en agua de consumo humano**, los valores de SGS y CENMA cumplen para este parámetro con el valor de la Norma Chilena(NCh 409).

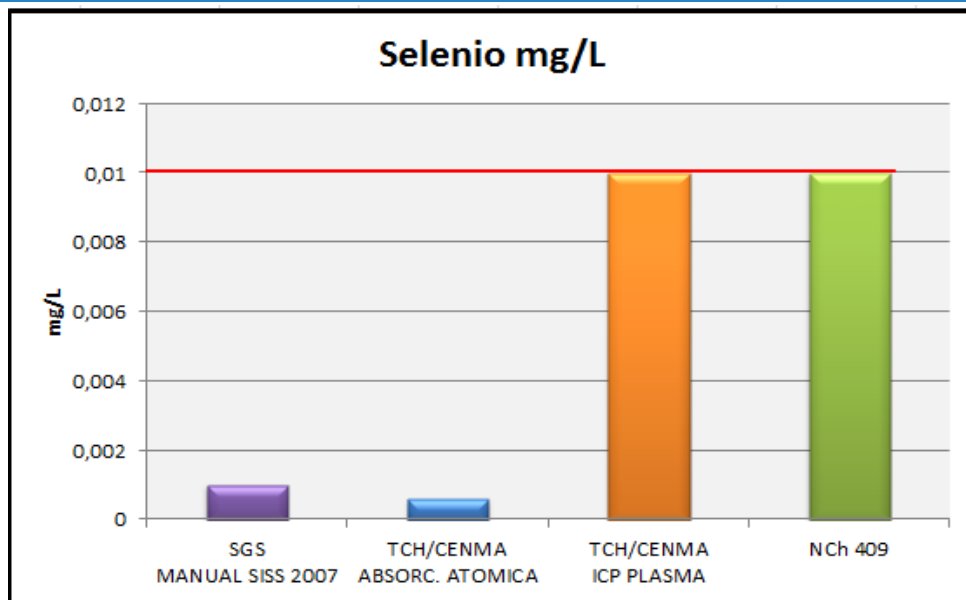


Figura 2.72. Representación gráfica de resultados de muestreos

Para **selenio en agua de consumo humano**, los valores de SGS y CENMA cumplen para este parámetro con el valor de la Norma Chilena (NCh 409).

## CONCLUSIÓN

Las concentraciones históricas de metales en los ríos (1990 – 2015), tanto previas al Proyecto Alto Maipo y como con posterioridad a su inicio, se han mantenido constantes, sin variaciones significativas.

Las concentraciones elevadas de metales se dan principalmente para arsénico, plomo, hierro, manganeso, aluminio y boro. Hay ocasionales excedencias por sobre límites normativos en cadmio, cromo, y molibdeno. Zinc, cobre y selenio en aguas de ríos están prácticamente siempre dentro de la norma de agua potable. Este mismo comportamiento de frecuencia es lo que se observa en los estudios por espectroscopía IR de las rocas muestreadas en terreno, lo que permite reafirmar el origen natural de tales elementos y sin la participación antrópica.

Las mayores concentraciones en los ríos estudiados, se observaron en todos los periodos que van de octubre a marzo, o sea, en primavera y verano, coincidiendo con el periodo de deshielos e incremento en el volumen de caudales. Todo esto asociado a los desplazamientos en masa hacia cursos de los ríos asociados a altas

pendientes y con remoción superficial importante por arrastre de sedimentos en morrenas y bordes fluviales.

El riesgo para la salud por contacto recreacional directo con las aguas fluviales es casi nulo para el caso de arsénico, cadmio, cromo y plomo, dado que solo en tres situaciones de un total de 72 se sobrepasa moderadamente la norma respectiva (DS 143).

Los resultados del muestreo de aguas rurales del programa de “entornos saludables del Ministerio de Salud” muestran las mayores concentraciones para arsénico, hierro y manganeso en octubre a noviembre, lo que es coincidente con el perfil de altas concentraciones estacionales en los ríos. Aun así, las concentraciones en los ríos fueron superiores a las de aguas rurales.

Las concentraciones de arsénico en los ríos fueron a menudo tres a cuatro veces más altas que las excedencias halladas en el agua rural para consumo humano.

Estas aguas rurales reflejan las características naturales asociadas a las rocas y su origen volcánico y no se relacionan con el PHAM.

En los datos calificados como de excelencia por el Dr. Tchernitchin, corresponden a información clasificada como falsos positivos de acuerdo con el nivel de detección y de cuantificación del método, específicamente, existiendo una no concordancia en los datos presentados para arsénico en las distintas técnicas, sin discriminar el método correctamente ejecutado por CENMA.

Las aguas muestreadas aisladamente en las microzonas de El Volcán, Los Maitenes y Aucayes reflejan las características propias de aguas naturales o crudas y que se relacionan con los fenómenos de deshielos, desplazamientos en masa, fenómenos de erosión, clima y a la dinámica de los metales en agua.

Las aguas muestreadas aisladamente tanto el 24 de noviembre 2015 como 28 y 29 enero 2016, en el sector habitacional de las Lomas del Manzano cumplen con los requerimientos de agua para consumo humano.

### **Fuentes de Información:**

- 2.1. ARCADIS Geotecnica Consultores. 2008. Geología y Geomorfología. Estudio de Impacto Ambiental hidroeléctrica Alto Maipo: Línea Base. Cap. 5.
- 2.2. Dirección General de Aguas. 2016. Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. Visitado el 03 de marzo de 2016, disponible en: <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>
- 2.3. División de Normas del Instituto Nacional de Normalización. 1987. Norma Chilena 1333.Of78 Modificada en 1987: Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Gobierno de Chile
- 2.4. División de Normas del Instituto Nacional de Normalización. 2005. Norma Chilena 409/1.Of2005: Agua potable – Parte 1: Requisitos. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Gobierno de Chile
- 2.5. Hodgson, E., y Roe, M. 2015. Dictionary of Toxicology: Elsevier Science. p.319
- 2.6. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2001. Decreto Supremo 90: Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Gobierno de Chile
- 2.7. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2009. Decreto 143: Normas De Calidad Primaria Para Las Aguas Continentales Superficiales Aptas Para Actividades De Recreación Con Contacto Directo. Gobierno de Chile
- 2.8. Wedepohl, K. 1995. The composition of the continental crust. Geochimica et Cosmochimica Acta, 59(7), 1217-1232. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00038-2](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(95)00038-2)
- 2.9. World Health Organization. 2008. Guidelines for Drinking Water Quality: incorporating 1st and 2nd addenda, Vol. 1. Recommendations. 3a edición. Ginebra, Suiza.

## Capítulo III

### Tercer paso: Identificar y evaluar rutas ambientales

En este capítulo se aplica la metodología ATSDR, para el análisis del contexto espacial, con el fin de establecer la existencia o ausencia de rutas ambientales, susceptibles de movilizar contaminantes naturales o favorezcan el contacto con los puntos de muestreos de aguas del 24 de noviembre 2015, efectuados por Dr. Tchernitchin

De acuerdo con esta metodología, la evaluación acerca del lugar es de importancia para establecer la existencia de una ruta ambiental, desde los posibles puntos de emisión de contaminantes considerando un área de influencia de 2 km de radio de dispersión.

#### **Análisis del contexto espacial de las microzonas:**

#### **Análisis espacial de acuerdo con metodología ATSDR de la zona El Volcán, desarrollo del proyecto y puntos de muestreos CMA-259 y CMA-260 (24/11/2015)**

En la zona El Volcán se identifican el campamento del PHAM (verde), ubicado junto al camino público, la zona de Marina 1 (verde), frentes de trabajo (verde) y los caminos del proyecto (verde). Por otra parte, se identifica el punto de muestreo CMA-259 (24/11/2015, rojo), ubicado en el lecho de una vertiente natural (celeste) con su nacimiento al noreste a una altura de 2.485 msnm (flecha roja), terminando en una altura de 2.400 msnm en dirección al humedal, siguiendo un curso de aguas superficiales con un trayecto de unos 700 m sin interrupciones, alimentado por los fenómenos de deshielo, los cuales se presentan entre los meses de septiembre y marzo, de manera cíclica. (Ver plano de elevación en figura 3.01)



Figura 3.01. Distancia y plano de elevación entre nacimiento y CMA-259 (Elaboración propia, 2016)

Al sur de este punto (CMA-259), a 224 metros lineales, se encuentra el segundo punto de muestreo CMA-260, identificado como *el charco*, que corresponde a un humedal calificable como de ciclo corto, dado que solo se presenta asociado a deshielos, alimentado por aguas superficiales de este estero.

En la imagen a continuación se observa que el estero en cuestión es alimentado durante su trayecto por otros puntos de deshielo (líneas rojas) y cuyas alturas son de 2468 msnm, sin presentar interrupciones durante su curso y sin influencia sobre las marinas.

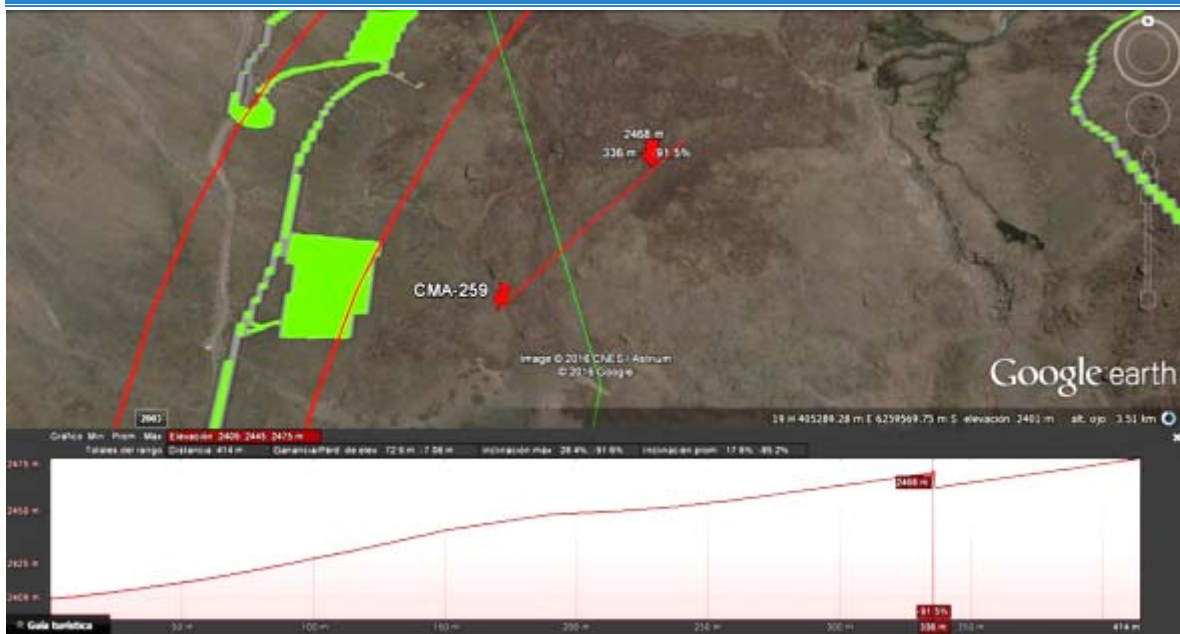


Figura 3.02. Distancia y plano de elevación entre alrededores y CMA-259 (Elaboración propia, 2016)

La marina se ubica a 2.485 msnm, hacia el noroeste, en una terraza opuesta pero separada de la naciente del estero en cuestión muestreado el 24/11/2015. Por otro lado, el trayecto desde la marina hacia el punto CMA-259 se ve interrumpido por una contención natural de 4 metros de altura relativa, impidiendo su interacción (Ver plano de elevación en figura 3.03).





Figura 3.03. **Distancia y plano de elevación entre SAM1 y CMA-259** (Elaboración propia, 2016)

La marina de esta zona se encuentra además separada del estero El Morado producto del relieve natural con una elevación de 28 metros. Los depósitos de esta marina, dada su ubicación y la topografía local, no influyen sobre el curso de estos cursos de aguas superficiales ni el punto muestreado (CMA-259).

Adicionalmente, la entrada del túnel asociado a esta marina, se encuentra hacia el norte de ella, igualmente aislado de estos cursos de agua. Por tanto, ambos puntos de desarrollo del proyecto Alto Maipo no tienen influencia sobre el estero El Morado ni sobre los puntos, CMA-259 y CMA-260 (Figura 3.05), muestreados el 24/11/2015 en la zona 2.

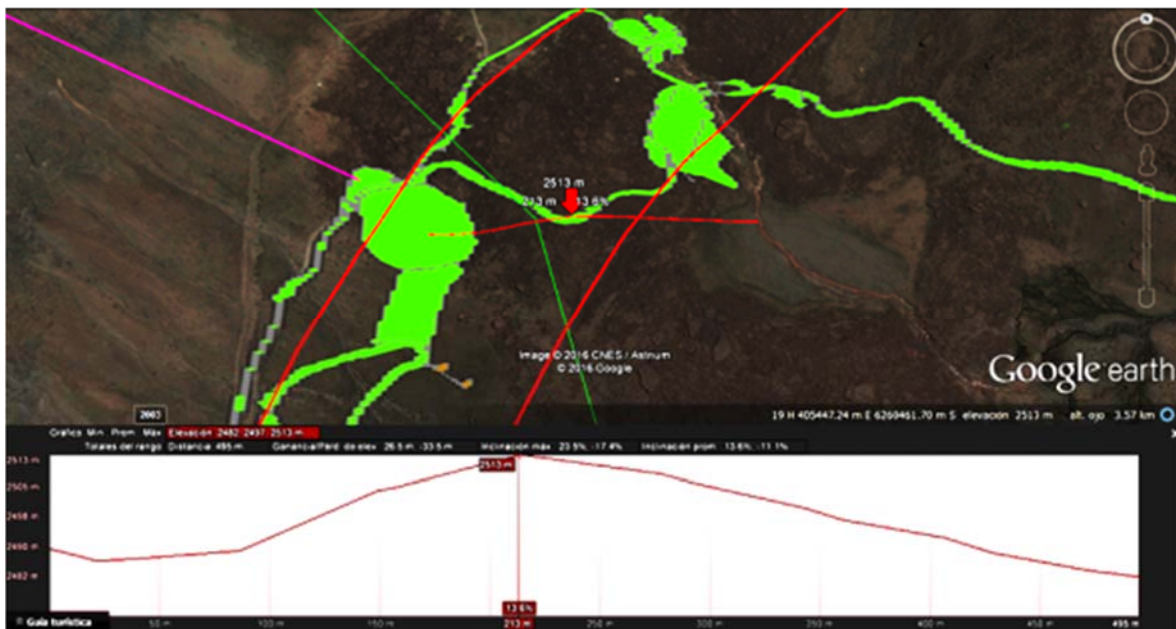


Figura 3.04. **Distancia y plano de elevación entre SAM1 y Estero El Morado** (Elaboración propia, 2016)

Con respecto de las bocatomas, a pesar de que los puntos muestreados el 24/11/15, CMA-259 y CMA-260, se encuentran dentro del radio de 2 Km (ATSDR) de las bocatomas (Figura 3.04, 3.05), estos puntos no se ven influenciados, dada la topografía antes descrita.

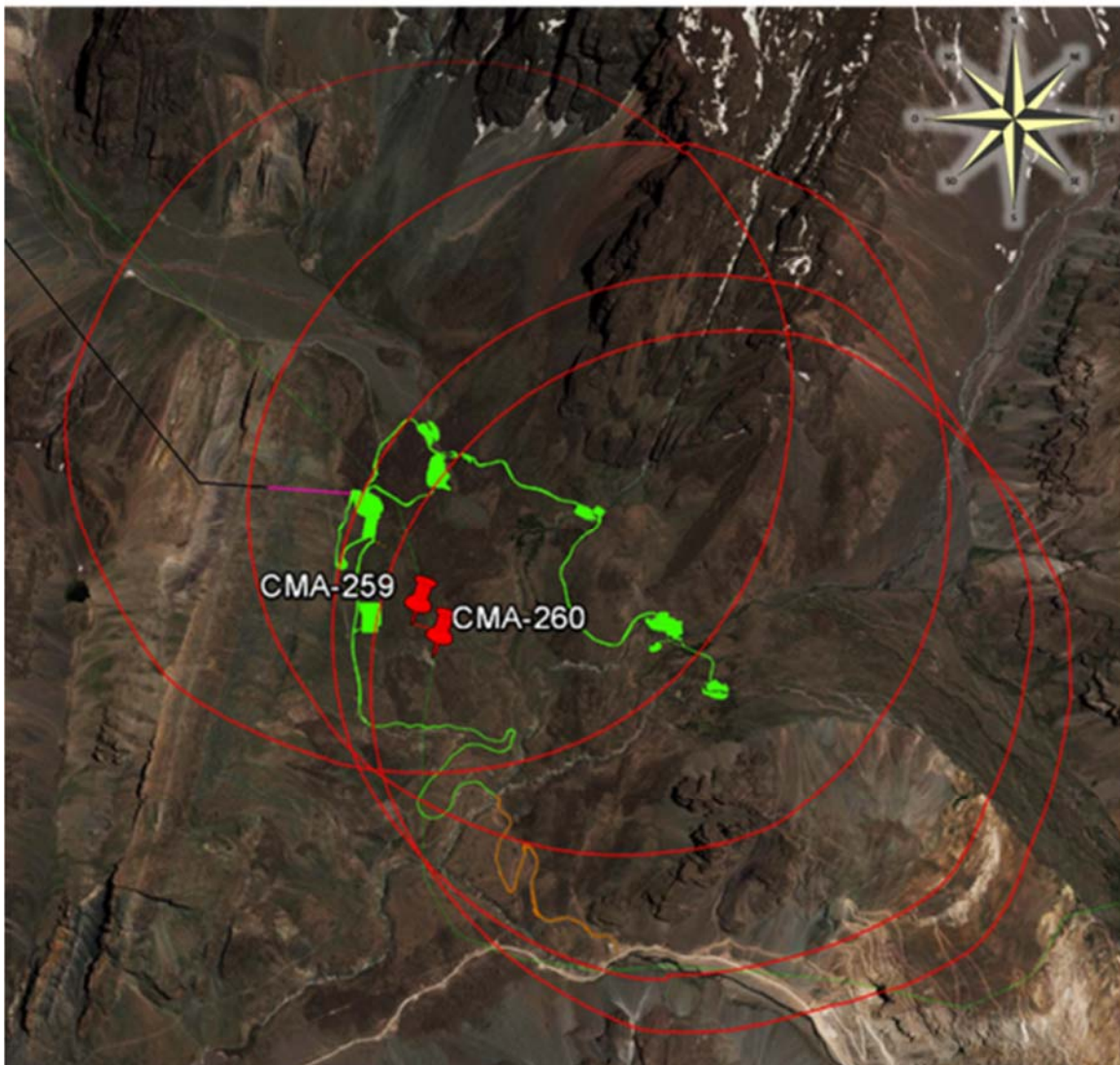


Figura 3.05. Áreas de influencia según ATSDR de bocatomas zona El Volcán (Elaboración propia, 2016)

## **Análisis espacial de acuerdo con metodología ATSDR de la zona Los Maitenes, desarrollo del proyecto y puntos de muestreos CMA-261 y CMA-262 (24/11/2015)**

En la zona Los Maitenes se identifican la Marina 9 (verde), el camino El Alfalfal, y los puntos de muestreo del 24/11/2015 (CMA-261 y CMA-262). La distancia entre esta marina y el punto CMA-261 es de alrededor de 600 m, con una pendiente que baja desde 1.366 a 1.215 msnm (ver plano de elevación en figura 3.06), pero entre ambos se encuentra el lecho del estero, el cual está 6 metros más bajo que el punto de muestreo (figura 3.07). Adicionalmente, esta marina se encuentra con un 10% de su capacidad total, y al 24/11/2015, la cantidad de material no superaba los 67.000 m<sup>3</sup>, los que, al asumir una situación en que se produzca su esparcimiento en toda la extensión de la marina, no superaría 1 m de altura adicional al terreno.



Figura 3.06. Distancia y plano de elevación entre SAM9 y CMA-261 (Elaboración propia, 2016)

Destaca que, hacia la naciente del estero Aucayes, existe una caída vertical con una inclinación de casi 90°, relacionada con la formación Farellones.



Figura 3.07. **Visual del Estero Aucayes, canal Aucayes (costado derecho), delta de altura y orientación de Marina 9** (Elaboración propia, 2016)

Por otro lado, hacia el sur de estos puntos de muestreo se encuentran las ventanas VA1 y VA2, las cuales, dada la topografía y su ubicación detrás de este muro natural descrito en la imagen anterior, no poseen influencia sobre este curso de agua (estero Aucayes) ni sus inmediaciones, y que en la imagen siguiente correspondiente al plano de levantamiento (Figura 3.08), se observa una caída desde 1.868 msnm a 1.211 msnm en un trayecto lineal de 4 Km, quedando fuera de la zona de influencia establecida por ATSDR. Su plano inclinado presenta una pendiente suave constituyendo distintas microcuencas que favorecen la retención local, actuando como muro de contención.

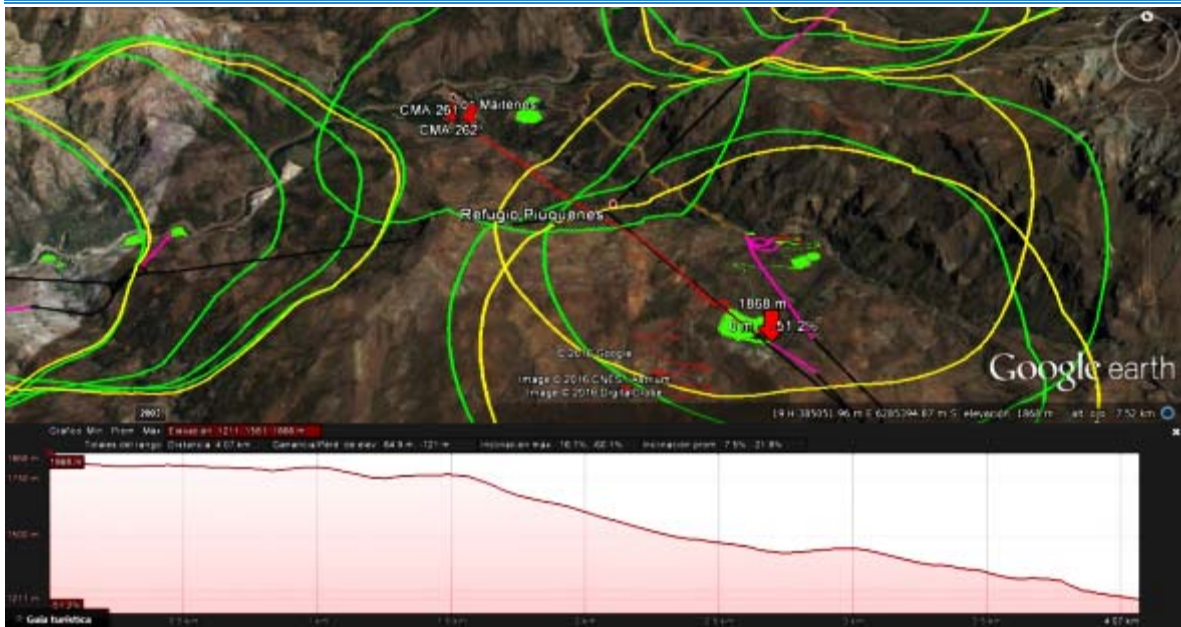


Figura 3.08. Visual satelital con plano de levantamiento desde VA2 a CMA-261 (Elaboración propia, 2016)

Las ventanas VA1 y VA2, están separadas entre sí por zonas elevadas y la única forma de contacto entre ellas es por un túnel de acceso vehicular ya construido, dado que corresponden a microcuencas distintas sin conexión natural (Figuras 3.09 y 3.10).

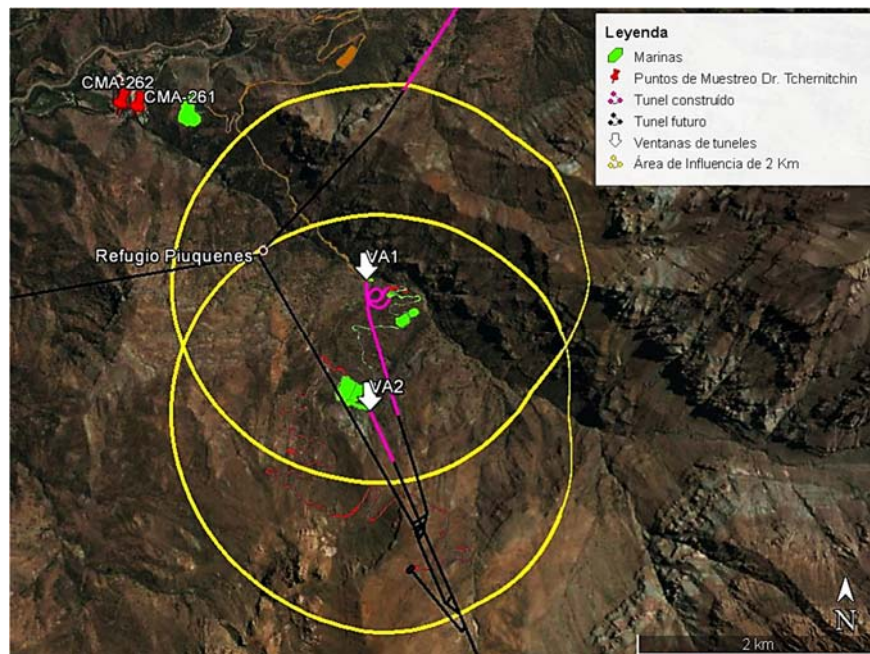


Figura 3.09. **Visual satelital de áreas de influencia de ventanas de túneles**  
(Elaboración propia, 2016)

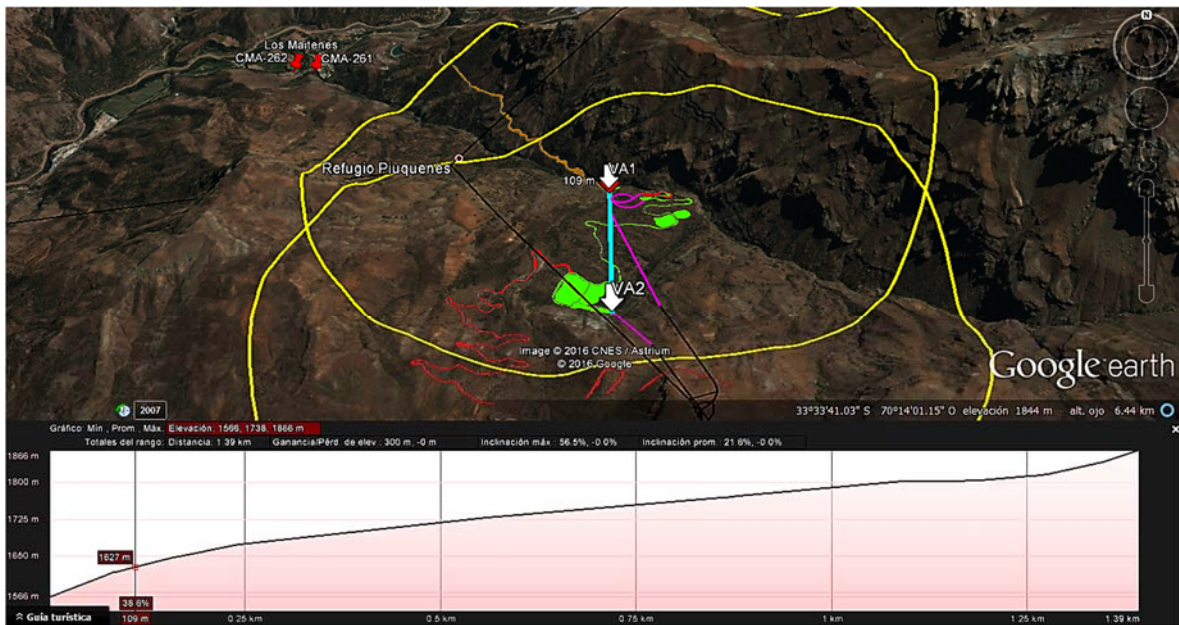


Figura 3.10. **Visual satelital con plano de levantamiento desde VA1 a VA2**  
(Elaboración propia, 2016)

Al realizar la evaluación por ATSDR, si bien los puntos de muestreo (CMA-261 y CMA-262) se encuentran en el área de influencia de la Marina 9, no existe la posibilidad de que los elementos de esta marina accedan o se deslicen hacia el canal Aucayes, por estar este canal ubicado en el sector opuesto del curso de agua del estero del mismo nombre y a una altura o cota más alta (6 metros) que este último.

El sector norte del estero Aucayes, contrario a la ubicación del canal, se caracteriza por una pendiente suave hacia el curso a aguas de este estero, punto susceptible de ser receptor final solo en caso de deslizamientos masivos bajo una situación hipotética que sólo se podría dar bajo las condiciones de un cataclismo y que la marina aún no estuviese consolidada, lo cual no es la situación actual de la marina 9, ni a futuro.

Dado el procedimiento de restauración ambiental establecida en el PHAM, en un esquema simplificado, la marina se estructura sobre una superficie plana de la cual se retira la capa vegetal, posteriormente se deposita y compacta la marina sobre esta superficie, y cuando ésta alcanza su capacidad, nuevamente se cubre con tierra vegetal y especies de flora autóctona, y pasa a ser parte del relieve natural de la zona. Por tanto, para que se genere un deslizamiento con un impacto sobre el estero Aucayes, se requiere de condiciones que para la situación del 24 de noviembre no estaban dadas y los puntos de este muestreo no reflejan la influencia de esta marina.

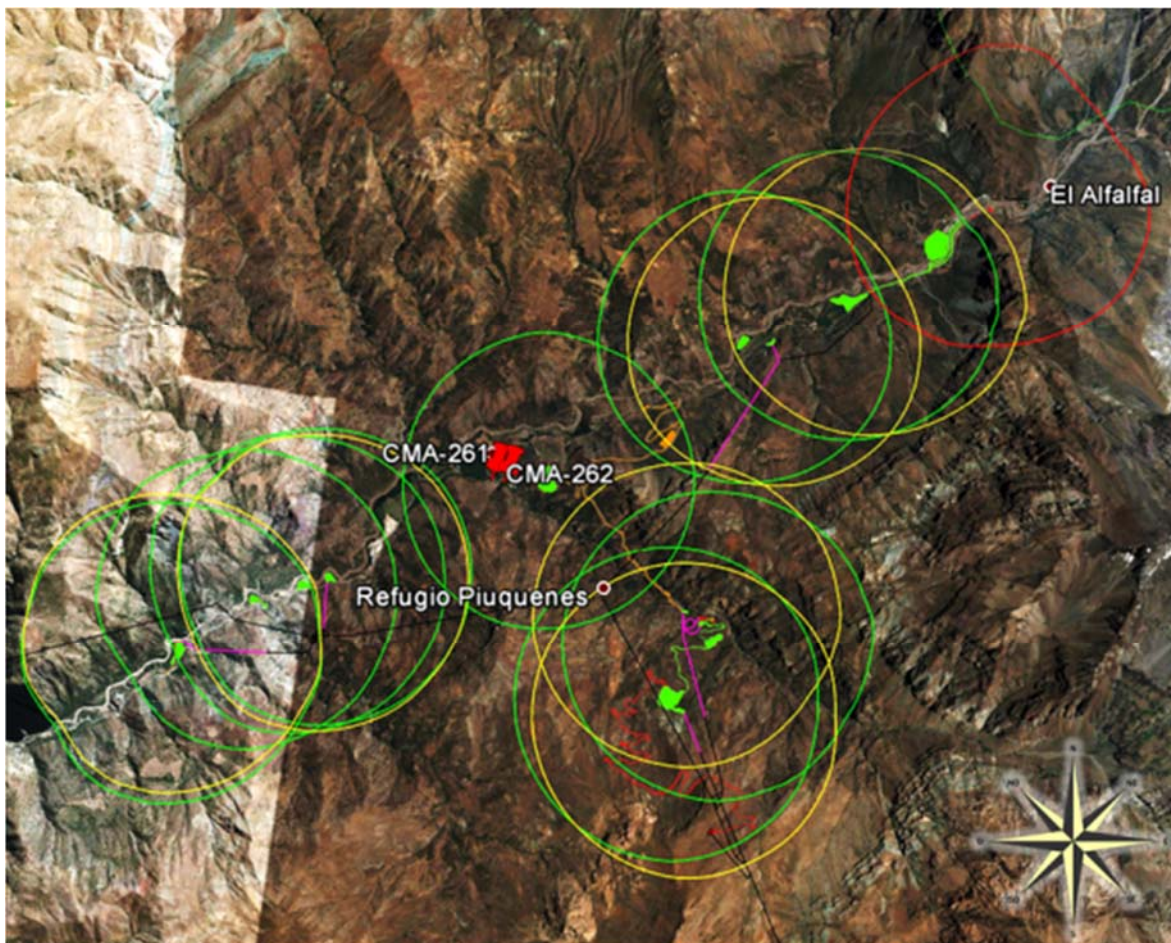


Figura 3.11. Visual satelital general de la zona Los Maitenes, aplicando ATSDR (Elaboración propia, 2016).



Figura 3.12. Visual del Estero Aucayes, canal Aucayes (costado derecho), delta de altura, orientación de Marina 9 y puntos referenciales (Elaboración propia, 2016)

Por otra parte, en la ruta hacia Los Maitenes, se observan otros procesos productivos, como es el caso de la Minera Río Colorado, la que, tras la aplicación de los criterios ATSDR, y considerando el movimiento de vientos de mar a cordillera, posee directa influencia sobre los puntos de muestreo del 24/11/2015. Este fenómeno es mayor cuando se está realizando el chancado y selección de material, que incluso impiden la visual de los vehículos.



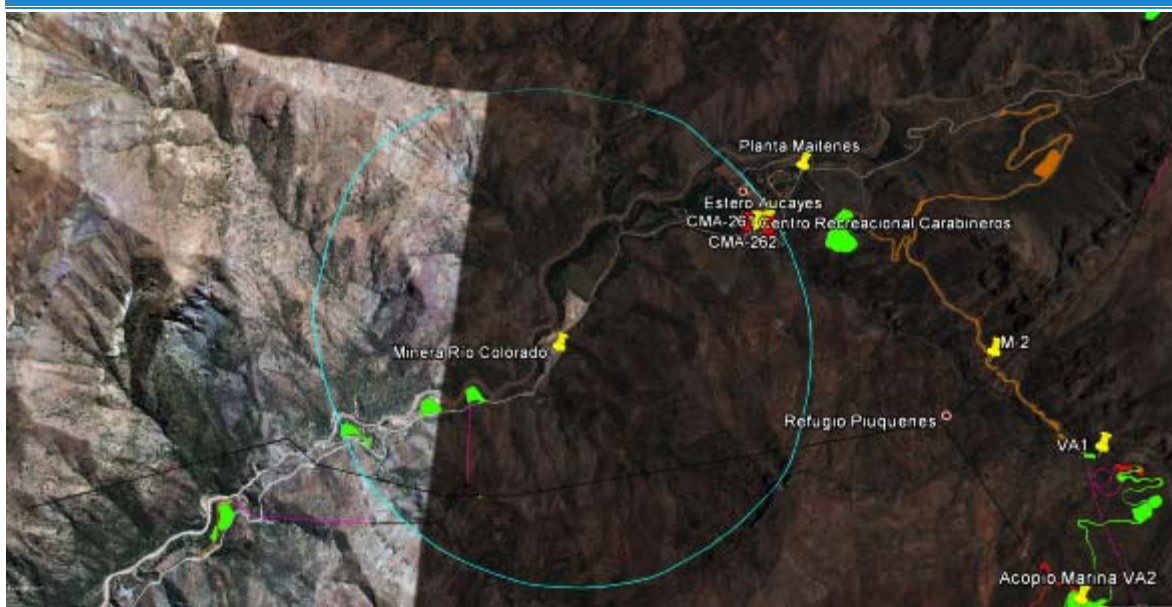


Figura 3.13. Área de influencia de Minera Río Colorado (Elaboración propia, 2016)



Figura 3.14. Proceso productivo de Minera Río Colorado; movimiento del viento producto de camión de agua proveniente de Minera Río Colorado, observado a las 13:14 hrs del 04/03/2015 (Elaboración propia, 2016)

### **Análisis espacial de acuerdo con metodología ATSDR de la zona El Manzano, desarrollo del proyecto y punto de muestreo CMA-263 (24/11/2015)**

En la zona El Manzano se identifican la Marina 12, la instalación de faena 7 y el portal del túnel de descarga Las Lajas (verde). La distancia entre estos sitios y el punto de muestreo es de 3,23 Km, donde se produce una disminución en la altitud, desde el punto de muestreo CMA-263 del 24/11/2015 hasta el portal del túnel de descarga Las Lajas, de 917 msnm a 842 msnm, presentándose microcuencas, generando áreas de interrupción de la pendiente y retención local de material.



Figura 3.15. Visual satelital con plano de levantamiento desde Túnel de descarga Las Lajas a CMA-263 (Elaboración propia, 2016)

Adicionalmente, al considerar la metodología ATSDR, tanto para el portal como para la Marina 12, éstos no ejercen influencia sobre el punto CMA-263 muestreado el 24/11/2015, ubicado en el condominio Lomas del Manzano (Figura 3.16).

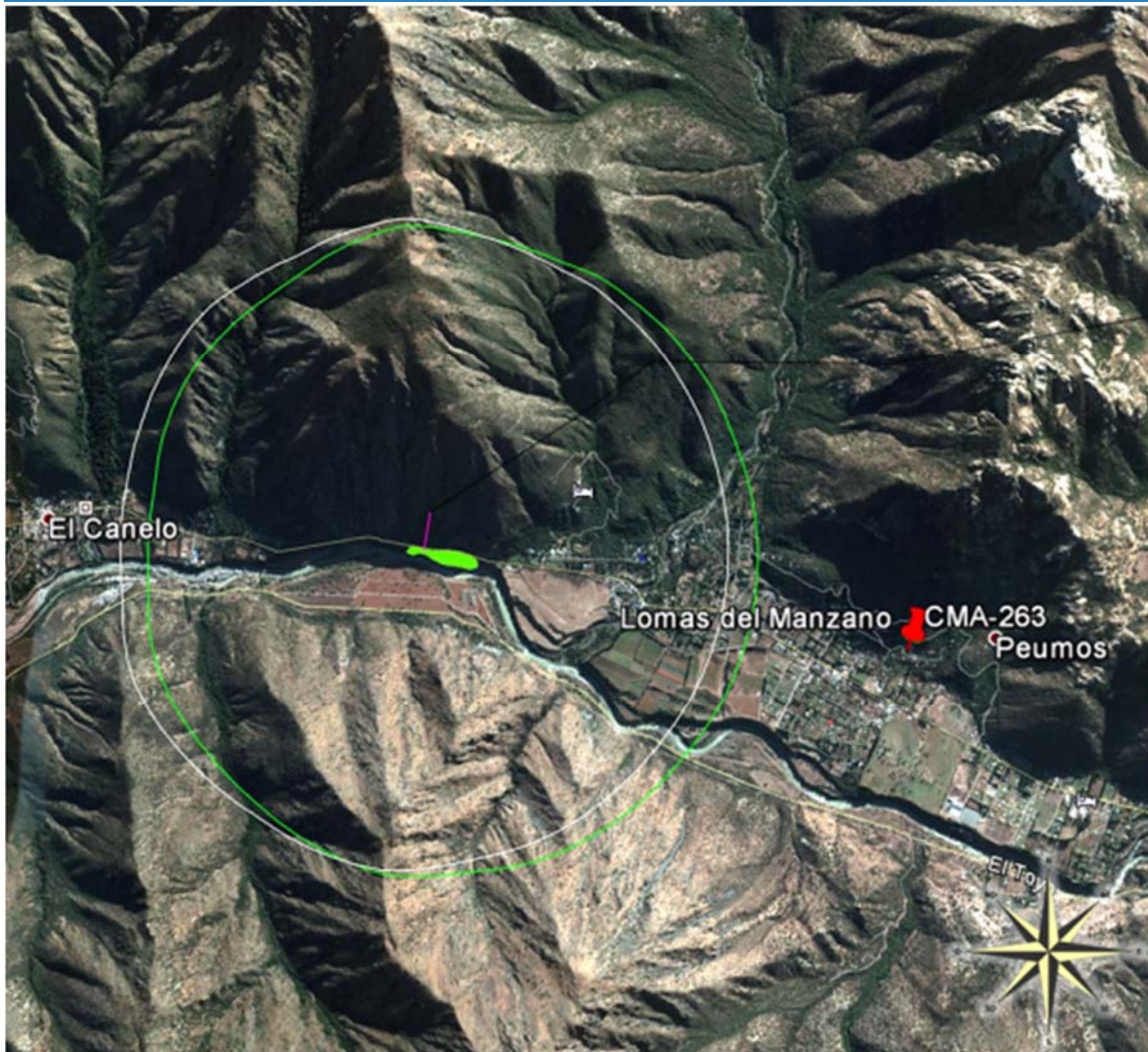


Figura 3.16. Visual satelital general de la zona El Manzano, aplicando ATSDR (Elaboración propia, 2016).

### **Conclusiones:**

**Para la zona de El Volcán y los puntos muestreados el 24 de noviembre 2016, se puede establecer que las muestras de agua cruda y sus resultados están influenciados por acción directa de la quebrada local, y que en fase de deshielo (octubre a marzo) la quebrada recibe (este) material asociado a arrastres de sedimentos finos locales producto de la degradación de las rocas que conforman el sitio natural.**

**Las actividades del Proyecto Alto Maipo, no tienen influencia en el humedal de ciclo corto, no constituyen aportes por escurrimientos superficiales hacia éste ni a la quebrada que conduce las aguas de deshielo local.**

**Además, el Proyecto no ejerce influencia sobre el estero El Morado en consideración al relieve y la topografía local, los cuales imposibilitan su interacción.**

**Para la zona Los Maitenes, no existe influencia del PHAM sobre los puntos muestreados, por ausencia de concordancia espacial.**

**En el caso de El Manzano, dada la conformación del relieve y las microcuencas asociadas, no existe influencia de PHAM sobre el punto muestreado, el que además está fuera del radio de 2 Km establecido por la metodología ATSDR.**

Por otra parte, a pesar de que el análisis espacial no muestra relación entre las actividades antrópicas de PHAM y los puntos de muestreo del 24 de noviembre de 2015, existen otros parámetros a considerar para establecer las rutas ambientales. Una de éstos, de gran valor, es la presencia de especies centinelas en la zona, las cuales, por su movilidad y desplazamiento, están en contacto con los elementos traza del medio ambiente.

## **Rol de las especies centinela en el ecosistema, como indicadores de exposición y riesgo:**

Existen especies animales llamadas bioindicadores o especies centinela, las cuales se caracterizan por ser altamente sensibles a la exposición a ciertos contaminantes, como ocurre con algunas aves frente a metales pesados (plomo) o mamíferos frente a otros elementos (selenio, arsénico), e inclusive crustáceos asociados a cursos de ríos (insecticidas, selenio).

Una especie centinela se define como una especie que es extremadamente sensible a los efectos de un determinado contaminante o una clase de contaminantes. Las especies pueden observarse como un monitor de la presencia del contaminante. Cuando el centinela manifiesta efectos adversos (fisiológicos, bioquímicos, conductuales, etc.), entonces se puede asumir que el contaminante está en un nivel que representa amenaza para el ecosistema (Hodgson, 2015).

En consideración a los metales pesados de mayor relevancia encontrados en los distintos estudios de agua y suelo, descritos en el capítulo 2, los posibles efectos a observar en las especies centinelas son:

### **Plomo**

Cuando las concentraciones de **plomo** (Pb) se presentan elevadas en el ambiente, y éstas son incorporadas en la dieta, los animales responden de distintas maneras. En aves suele observarse signos neurológicos (tremores, incoordinación, marcha inestable, incapacidad de vuelo) junto a alteraciones del comportamiento (plumaje descuidado, actividad de alimentación alterada) y otras manifestaciones físicas (pérdida de masa muscular, heces de color verde brillante y con aumento en el contenido acuoso), culminando en la muerte de los individuos en un plazo de menos de una semana. Los mamíferos, en general, responden con retrasos en el crecimiento y paraplejia en crías 26 a 30 días del nacimiento, con muerte del 85-90% en 2 semanas; pueden desarrollar incontinencia urinaria, que prosigue con paraplejia caudal; otra manifestación es la infertilidad (no reproducción). Estos

efectos son observados con dosis tan bajas como 5 a 7 mg/Kg/día (ganado), pero no se descarta que otras especies sean más susceptibles, manifestando muerte a 2,4 mg/Kg/día (caballos). Otra característica de las intoxicaciones con plomo es que se produce una predisposición mayor a contraer otras enfermedades. Un rasgo importante es que los efectos a manifestar están fuertemente ligados a la edad de la exposición, donde los más afectados son los prenatales y los neonatos. (Hoffman, 2003)

### **Selenio**

En el caso de **selenio** (Se), éste está asociado a mortalidad y fallas reproductivas en aves, como a desarrollo de anomalías y exceso de mortalidad embrionaria, y pérdida bilateral de plumas. En invertebrados, sobre todo acuáticos, su efecto se ve reducido si se está en presencia de sulfatos, ya que estos disminuyen la biodisponibilidad del selenato de selenio (forma predominante en medio acuático). Para mamíferos, si consumen dietas que contengan forrajes con más de 5 mg/Kg, se producen efectos como alteraciones de cuernos, cascos y pelaje (alopecia), lesiones hepáticas, anomalías congénitas (sólo en caso de que la hembra estuviese expuesta a dosis subletales) (Hoffman, 2003).

Se describe, además, que Selenio posee interacción con otros elementos, por lo que la toxicidad de estos, al igual que la de selenio, se ven disminuidas, dada la competencia producida para ingresar al organismo, produciendo un efecto de antagonismo de estos contaminantes naturales. Estos elementos son Hierro, Manganeso, Mercurio, Arsénico, Cadmio y Cobre, entre otros.

### **Arsénico**

Los **arsénicos** inorgánicos trivalentes son hasta 10 veces más tóxicos que los arsénicos pentavalentes. Estos se ordenan, de mayor a menor toxicidad, en arsenito, arsenato, trivalentes orgánicos y pentavalentes orgánicos ( $As^{+3} > As^{+5} > O$   $As^{+3} > O$   $As^{+5}$ ). La toxicidad se ve influenciada por distintos factores, como el tamaño de la partícula; a menor tamaño, mayor área superficial disponible para reacciones. Otro factor es el estado de los animales, donde los individuos más

Dra. Laura Börgel A. y Compañía Limitada

[asesorias@toxicologia.org](mailto:asesorias@toxicologia.org) – [dra.borgel@toxicologia.org](mailto:dra.borgel@toxicologia.org)

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478

débiles son más sensibles. La signología clínica de los compuestos arsenicales es similar. Los cuadros peragudos suelen resultar en muerte súbita en minutos hasta pocas horas tras su ingestión. Los cuadros agudos presentan signología como dolor abdominal o cólico, vómito, marcha inestable y debilidad, incoordinación clara, pulso rápido y débil y shock, diarrea, seguida de colapso y muerte. Si el ingreso se produce por vía dermal, se producen ampollas, edema y la piel puede presentarse agrietada y sangrante, dejándola susceptible a infecciones secundarias. En caso de que las exposiciones sean a dosis menores en un periodo de tiempo moderadamente prolongado, se puede desarrollar intoxicación subaguda y puede presentar sobrevida por varios días, desarrollando depresión y anorexia. La movilidad se presenta dificultosa, rígida e incoordinada; se produce diarrea oscura, posiblemente hemorrágica, y muy fluida. Puede observarse hematuria, o la orina puede contener proteínas y urolitos. Sin embargo, aquellos que desarrollen toxicidad crónica presentan fatiga con facilidad y disnea frente a movimientos leves. Estos animales pueden presentar sed intensa y pelaje seco e hirsuto, junto a mucosas congestivas. En ganado bovino se describen articulaciones engrosadas. Los signos clínicos de intoxicación por fenilarsénicos se presentan en los primeros 3 días de una exposición a altas dosis o tras la exposición crónica. Los animales se presentan atentos al medio, pero pierden la coordinación; pueden estar o no ciegos, y estos animales pueden tener eritema en la piel. Algunos daños neurológicos son reversibles a menos que se produzca daño del nervio. Las lesiones suelen ser dependientes de la dosis y el tiempo de sobrevida: animales que presentan muerte por intoxicación peraguda pueden no presentar lesiones, salvo irritación gastrointestinal. Todos los demás animales se presentan con exceso de fluidos a nivel del tracto gastrointestinal. En bovinos se observa hiperemia del abomaso, pudiendo ser el único hallazgo. Si se producen otras lesiones en reses, estas suelen ser necrosis del epitelio mucoso del rumen. Los rumiantes presentan edema serosal gelatinoso en rumen, retículo, omaso y abomaso. El tracto gastrointestinal tiene señales de irritación y puede estar hemorrágico. Las lesiones son indicativas de daño capilar y el hígado suele estar suave y amarillo. (Gupta, 2012)

## **Hierro**

El **hierro** (Fe), es un elemento esencial para animales y vegetales. La intoxicación no es común en animales a pesar de que puede ocurrir potencialmente en cualquier especie. Se han reportado casos clínicos de toxicosis aguda por hierro en perros, cerdos, caballos, reses y cabras. La intoxicación puede ocurrir tras la ingestión o administración parenteral de hierro. Debido a sus hábitos alimenticios indiscriminados y cercanía con las personas y sus suplementos nutricionales, los perros son la especie más susceptible de ingerir grandes cantidades de vitaminas enriquecidas con hierro. Los lechones son deficientes de hierro al nacimiento y requieren de su suplementación, que puede resultar en intoxicación peraguda o aguda. Casos limitados de intoxicación producto de la exposición a hierro se han reportados en equinos y bovinos, a pesar del amplio uso de suplementos. En general, la intoxicación se produce en la mucosa gastrointestinal, hígado, miocardio, y otros tejidos, cuando la capacidad de unión del cuerpo al hierro se ve sobrepasada, y el hierro libre causa daño oxidativo. Las enfermedades genéticas del almacenamiento del hierro son poco comunes, pero han sido reportadas en minás (paseriformes de la familia Sturnidae), tucanes, ganado de Saler, murciélagos de la fruta egipcios y raramente en caballos. El diagnóstico se basa en el historial y signología clínica. En general, si los animales permanecen asintomáticos por más de 8 horas post exposición única, es poco probable que se desarrolle el cuadro de toxicidad. En todas las especies, la ingestión de una dosis tóxica, inicialmente resulta en el desarrollo de necrosis de las células de la mucosa gastrointestinal, seguida de pérdida de fluidos, cardiotoxicidad directa y amplio daño orgánico- la pérdida de fluido y disminución del gasto cardiaco puede llevar a shock circulatorio. Los cuadros de intoxicación por hierro se describen en 4 fases: 1) 0 a 6 horas post ingestión, caracterizada por diarrea, vómito, dolor abdominal, hemorragia gastrointestinal, debilidad muscular, shock y posible muerte; 2) 6 a 24 horas post ingestión, donde se observa una aparente recuperación; 3) 12 a 96 horas post ingestión, comienzo adicional de diarrea, vómito, dolor abdominal, hemorragia gastrointestinal, debilidad muscular, shock y posible muerte; y 4) si es que llegase a ocurrir, inicia 2 a 6 semanas post ingestión y se caracteriza por fibrosis

**Dra. Laura Börgel A. y Compañía Limitada**

[asesorias@toxicologia.org](mailto:asesorias@toxicologia.org) – [dra.borgel@toxicologia.org](mailto:dra.borgel@toxicologia.org)

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478



gastrointestinal y obstrucción (Gupta, 2012).

### **Manganeso**

El **manganeso** (Mn) es un elemento esencial para la mantención del funcionamiento y regulación apropiados de diversas reacciones bioquímicas y celulares que son críticas para humanos, animales y plantas. Se requiere Mn para el crecimiento y desarrollo, y posee un rol importante en la respuesta inmune, homeostasis de la glicemia, regulación de la adenosin-trifosfato (ATP), digestión, crecimiento óseo, reproducción y lactancia; además es un componente necesario de numerosas metaloenzimas. La deficiencia dietaria de Mn produce alteraciones enzimáticas, y se asocia a otras alteraciones según la especie. En reses produce celos silentes, concepción reducida, abortos, menor peso al nacimiento, mayor nacimiento de machos, parálisis y daño esquelético en terneros; en yeguas puede causar estro retrasado, fertilidad reducida y abortos espontáneos; los potrillos nacen con deformidades esqueléticas y contracturas musculares, como asimetría del cráneo, curvatura de la columna vertebral, acortamiento de huesos de miembros, engrosamiento de articulaciones y contractura de músculos del cuello; en perros, se manifiesta como torsión y acortamiento de huesos blandos. No se ha descrito toxicidad aguda para Mn, y los signos clínicos incluyen reducción en el apetito y tasa de crecimiento, anemia, malestar abdominal, abortos, quistes ováricos, letargia, y afección al sistema motor extrapiramidal. Otros efectos se observan en machos, donde se presenta menor peso testicular, desarrollo alterado del tracto reproductivo y disminución en la calidad espermática, sin afectar la capacidad de producir gestación en hembras no expuestas (Gupta, 2012).

### **Aluminio**

**Aluminio** (Al) es el tercer elemento más abundante que se encuentra de manera natural en la corteza terrestre. Es liberado al medioambiente tanto en procesos naturales como por fuentes antropogénicas. Los cuadros de intoxicación aguda son raros, pero la exposición a una alta dosis o repetidas exposiciones a largo plazo pueden llevar a serios efectos toxicológicos. La toxicidad depende de la forma

química, ruta de exposición y especie animal, donde especies altamente sensibles a exposiciones agudas no presentan letalidad en exposiciones repetidas, mientras que otras, que poseen baja sensibilidad a exposiciones agudas, son altamente susceptibles en exposiciones crónicas. En perros, el cuadro de toxicidad por Al se caracteriza por dermatitis, coriza y descargas nasales, pérdida de la pigmentación negra de la nariz, y comportamiento agresivo y violento. Otra condicionante de los efectos tóxicos es el órgano blanco, relacionado con la deposición y sustitución por aluminio de elementos fisiológicos, como calcio, magnesio y hierro. Los depósitos de Al son: 1) hueso, interfiriendo con la síntesis del grupo Heme, llevando a anemia; 2) miocardio, llevando a infarto miocárdico; y 3) cerebro, produciendo neurotoxicidad y alteración cognitiva. En adición, Al puede causar falla renal y hepática, y osteoartritis. De los efectos neurotóxicos, destacan ataxia, abducción y arrastre de miembros posteriores, y parálisis; otro signo es la degeneración neurofibrilar en regiones con altos niveles de Al, caracterizada por vacuolización y tumefacción de astrocitos, vacuolización neuronal e inclusiones nucleares. Para la observación de estos efectos, debe producirse antes una alteración de la barrera hematoencefálica, la cual ha sido asociada a la peroxidación inducida por Al. En exposiciones crónicas a Al, se produce un aumento en la acumulación a nivel óseo, pudiendo resultar en anomalías óseas como reducción en la formación de huesos y desmineralización, o incluso osteoartritis; en el caso de perros y cerdos, se puede observar osteomalacia. La inhalación crónica de Al puede causar fibrosis pulmonar. En adición, la exposición a largo plazo a Al puede causar falla hepática y renal, y disrupción endocrina. Actualmente no existe evidencia de efectos carcinogénicos producto de la exposición crónica a Al (Gupta, 2012).

## **Boro**

El **boro** (B) posee un rol fundamental en el desarrollo de diversas plantas y algunas especies animales (ranas y pez cebra). En la naturaleza no es posible su presencia como elemento único, sino que está asociado a oxígeno o se encuentra como compuestos boratos. Los signos de toxicidad, tras la administración de grandes dosis en forma aguda, son principalmente depresión, ataxia, convulsiones

ocasionales, disminución en la temperatura corporal, y coloración violácea de piel y todas las mucosas. En cabras se ha observado aumento de los metabolitos monoamina en fluido cerebroespinal y actividad eléctrica cerebral similar a la observada en epilepsia. En necropsia se observa en riñón daño glomerular (permeabilidad de capilares alterada) y daño tubular (vacuolización celular y descamación celular al lumen tubular), y un aumento de pequeñas células oscuras (probablemente microglía) en el cordón espinal y en la materia gris de la corteza cerebral. Otros signos asociados a la intoxicación aguda por boro son vómito, cólico y diarrea, letargia, cefalea, mareo, y dermatitis atípica. El vómito puede ir a veces acompañado de sangre. Se puede producir shock con baja presión sanguínea, taquicardia, y cianosis. La muerte se asocia a depresión del sistema nervioso central. Otros hallazgos de necropsia son tumefacción turbia de riñones, necrosis hepática centrilobular, y enteritis hemorrágica. En perros se ha observado el aumento del nitrógeno urinario, y excreción de fósforo y azufre, además de náuseas y vómitos. En conejos se produce, tras la exposición aguda, anorexia, pérdida de peso, y diarrea, pudiendo llegar a muerte. Las exposiciones a mediano plazo en ganado bovino se manifiestan con letargia, inflamación y edema de miembros posteriores y espolón, diarrea ocasional, menor ingesta de alimento junto a menor ganancia de peso, y disminución en hematocrito y concentración de hemoglobina. La exposición gestacional produce mortalidad prenatal, menor tamaño de camadas y malformaciones fetales, primariamente defectos cardiovasculares. Las especies acuáticas, como peces, no son sensibles a la exposición frente a boro. Las dosis necesarias de ácido bórico y boratos para producir efectos reproductivos y del desarrollo, son de 100 a 1.000 veces mayores a las normalmente ingeridas en dieta. (NRC, 2005)

**En esta descripción detallada de los efectos adversos agudos y crónicos por metales en diversas especies, que prácticamente y teóricamente afectan toda la economía corporal y que son dosis dependiente, se puede establecer que no es posible detectar a simple vista, en campo abierto en la fauna del cajón del Maipo, los efectos referenciados, pero en cambio se aprecia a grosso**

modo que los animales se encuentran asintomáticos y en equilibrio fisiológico (reproducción), aparentemente sanos y sin señales de mortandades. Por lo que se puede concluir que las concentraciones de los metales en ellas se encuentran dentro de márgenes de seguridad.

Cabe señalar que los animales son individuos más susceptibles o sensibles que el ser humano. Es por esta razón que los estudios toxicológicos para sustancias químicas, incluyendo metales, se realizan en especies animales, a modo de entregar valores más críticos que los esperados para el ser humano.

#### Especies animales observadas y/o descritas en la zona:

En consideración a las visitas a terreno realizadas en febrero y marzo de 2016, y a lo descrito para el sector de San José de Maipo, se establece la presencia de las siguientes especies animales:

- 44 especies de aves, destacando:
  - Chiricoca



Figura 3.17. **Fotografía de chiricoca.** (Aves de Chile, 2016)

- Cometocino de Gay



Figura 3.18. **Fotografía de cometocino de Gay.** (Aves de Chile, 2016)

- Chirihue dorado



Figura 3.19. **Fotografía de Chirihue dorado.** (Aves de Chile, 2016)

- Run-run
- Chercán de las vegas
- Minero cordillerano
- Tenca



Figura 3.20. **Fotografía de tenca.** (Elaboración propia, 2016)

- Tórtola cordillerana

- Tapaculo
- Zorzal negro
- Dormilona de frente negra, entre otras dormilonas
- Jilguero cordillerano
- Chorlito cordillerano
- Turca
- Perico cordillerano
- Pato cortacorriente
- Pato juarjual
- Churrete chico
- Bandurria
- Caracará andino
- Cóndor



Figura 3.21. **Fotografía de cóndor.** (Elaboración propia, 2016)

- Piuquén
- Águila mora
- Zorro culpeo
- Vizcacha
- Liebre
- Conejo
- Cururo
- Ratón sedoso de Noé
- Perros



Figura 3.22. **Fotografía de perro en borde del camino** (Elaboración propia)

- Equinos (caballos, mulas)



Figura 3.23. **Fotografías de caballos en sector El Morado.** (Elaboración propia, 2016)

- Cabra
- Sapo de Monte
- Lagartija del Morado



Figura 3.24. **Fotografía de lagartija del Morado.** (Barrenengoa, 2010)

- Lagarto de lo Valdés
- Lagartija altísima
- Culebra de cola larga

De las especies antes mencionadas, destacan por su **cualidad de centinela** frente a los **metales** descritos, los **equinos** y las aves pertenecientes al orden de los **Passeriformes**.

Como es posible observar en las imágenes tomadas en los muestreos, los caballos, centinelas para todos los metales identificados, se encontraban en condiciones que permitían su reproducción y desarrollo, pudiendo incluso visualizarse, además, yeguas pariendo y otras gestantes, en el sector del “charco/laguna”, es decir, en el humedal de ciclo corto.

Otra observación realizada ese día fue la de tábanos copulando, lo que permite presumir que las condiciones son aptas para mantener el ciclo reproductivo de especies altamente sensibles a cambios.

En resumen, de las observaciones hechas en el entorno de los puntos de muestreos del Dr. Tchernitchin y teniendo en cuenta los cuadros clínicos descritos para intoxicaciones con los distintos metales, no se visualizaron especies centinelas con síntomas ni signos atribuibles a exposiciones peligrosas. Por el contrario, las



especies observadas en las visitas a terreno de febrero y marzo de 2016, se encontraban **sanas, sin efectos neurológicos adversos, con crías recientes (potrillos de menos de 6 meses) asintomáticas, y algunos animales en labor de parto. Estas especies centinelas, que son más sensibles que el ser humano y son bioindicadores de exposición a metales pesados, no presentan manifestaciones clínicas agudas ni crónicas sugerentes de exposición a tales metales en dosis peligrosas.** No se detectaron restos de animales muertos en las cercanías. Además, fue posible observar el consumo de aguas crudas naturales por parte de estos animales, por lo que se puede concluir que **las concentraciones de los metales en ellas se encuentran dentro de márgenes de seguridad para estas especies.**

**Cabe destacar que la observación de la mantención de los ciclos reproductivos se relaciona con un ecosistema saludable y equilibrado.**

### **Fuentes de Información:**

- 3.1. Aves de Chile. 2016. Chiricoca. Visitado el 22 de marzo de 2016, disponible en: <http://www.avesdechile.cl/175.htm>
- 3.2. Aves de Chile. 2016. Chirihue dorado. Visitado el 22 de marzo de 2016, disponible en: <http://www.avesdechile.cl/179.htm>
- 3.3. Aves de Chile. 2016. Cometocino de Gay. Visitado el 22 de marzo de 2016, disponible en: <http://www.avesdechile.cl/033.htm>
- 3.4. Barrenengoa, M. 2010. Liolaemus moradoensis. Visitado el 22 de marzo de 2016, disponible en:  
[http://www.fotonaturaleza.cl/details.php?image\\_id=11323](http://www.fotonaturaleza.cl/details.php?image_id=11323)
- 3.5. Gupta, R. C. (Ed.). 2012. Veterinary toxicology: basic and clinical principles. Academic Press. p. 493 – 502, 517 – 521, 527 – 536, 876
- 3.6. Hodgson, E., y Roe, M. 2015. Dictionary of Toxicology: Elsevier Science. p.313
- 3.7. Hoffman, D. J., Rattner, B. A., Burton Jr, G. A., y Cairns Jr, J. (Eds.). 2002. Handbook of ecotoxicology. CRC Press. p. 373 – 408, 466 – 500 (409 – 463)
- 3.8. National Research Council (NRC). 2005. Mineral Tolerance of Animals, 2° edición revisada. The National Academies Press, Washington, DC. p. 60 – 71, 330.

## Capítulo IV

### Cuarto paso: Identificar y evaluar rutas de exposición humana

El presente capítulo tiene como objeto describir, en el contexto geográfico del PHAM, los sinergismos o potenciaciones en el comportamiento del arsénico (As) a nivel de los diversos componentes ambientales que inciden en la exposición humana.

Se tienen en consideración las distintas variables que inciden en su biodisponibilidad en distintos medios y su potencial de exposición para el ser humano a través de la ruta del agua y la vía de ingreso oral como agua de consumo humano, en consideración a que esta vía es la que en este caso se asocia al riesgo, el cual está en directa relación con la especiación, concentración y tiempo de exposición, entre otros.

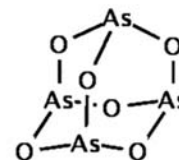
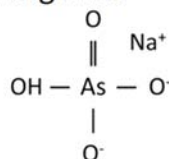
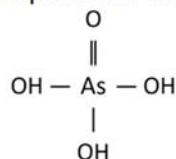
También en este caso el riesgo está relacionado con factores estacionales, climáticos, y orográficos. Igualmente, se analizan los factores asociados a la química del arsénico en agua, especialmente las de tipo superficial; en ello influyen pH, presencia de materia orgánica, y presencia de otros elementos metálicos y metaloides, factores que influyen en biodisponibilidad, tales como fierro, aluminio y manganeso.

#### 4.1 Arsénico en ambiente

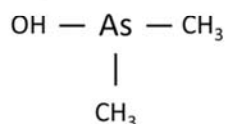
El arsénico se presenta raramente en estado sólido, principalmente se encuentra en forma de sulfuros. Pertenece a los metaloides, ya que muestra propiedades intermedias entre los metales y los no metales. No tiene olor ni sabor, por lo tanto, no se puede detectar si está presente en el agua, alimentos y/o aire.

## Grupos de compuestos de Arsénico (As):

### 1. Compuestos de arsénico inorgánico



### 2. Compuestos de arsénico orgánico



### 3. Gas arsina y arsinas sustituidas

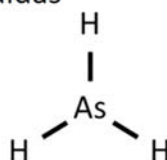


Figura 4.01. **Compuestos de arsénico.** (Elaboración propia, 2007)

El arsénico se encuentra distribuido en la naturaleza principalmente como sulfuros. La arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ) es la forma más abundante, con un 46% de arsénico, 34,3% de hierro y un 19,7% de azufre junto a otros minerales. El aporte de As a los cuerpos de agua puede ser de tipo geológico o bien de tipo antrópico (Henke, 2009).

Tabla 4.01. **Categorización de la fuente de los constituyentes químicos** (OMS, 2008)

Fuente de los constituyentes químicos	Ejemplos de fuentes
De presencia natural	Rocas, suelos y los efectos del escenario geológico y climático
Fuentes industriales y viviendas humanas	Minería (industria extractiva), manufacturación y procesos industriales, alcantarilla, desechos sólidos, escorrentía urbana, derrame de combustible
Actividades de la agricultura	Abono, fertilizantes, prácticas animales intensivas y plaguicidas

Tratamiento de aguas o materiales en contacto con el agua de bebida	Coagulantes, DBPs, materiales de tubería
Plaguicidas utilizados en agua para fines de salud pública	Larvicidas usados en control de insectos vectores de agentes de enfermedad
Cianobacterias	Cuerpos de agua eutróficos

Los valores de As en aguas naturales procedentes de cursos fluviales se han establecido en concentraciones de 0,8 µg/L, aunque pueden variar dependiendo de factores como recarga (superficial y subterránea), litología de la cuenca, drenaje de zonas mineralizadas, clima, actividad minera y vertidos urbanos o industriales (Lillo, 2008).

As inorgánicos V y III son las formas dominantes de arsénico en aguas naturales, aguas residuales, aguas contaminadas, suelos y sedimentos, y desechos sólidos.

El arsénico se halla en las aguas naturales como especie disuelta, la cual se presenta por lo común como oxianiones con arsénico en dos estados de oxidación (4.1; 4.3):

- Arsénico trivalente [As III] y arsénico pentavalente [As V], y con menos frecuencia como As 0, As -I y As -II.
- As V aparece como  $H_3AsO_4$  y sus correspondientes productos de disociación ( $H_2AsO_4^-$ ,  $HAsO_4^{2-}$  y  $AsO_4^{3-}$ ).
- As III aparece como  $H_3AsO_3$  y sus correspondientes productos de disociación ( $H_4AsO_3^+$ ,  $H_2AsO_3^-$ ,  $HAsO_3^{2-}$  y  $AsO_3^{3-}$ ).

Aunque tanto As V como As III son móviles en el medio, es precisamente el As III el estado más lábil y biotóxico (Lillo, 2008).

**El As presenta al menos cuatro estados de oxidación, siendo el trivalente (As III) y el pentavalente (As V) los encontrados con mayor frecuencia en el ambiente.** As III se encontraría preferentemente en ambientes reductores, mientras que As V se encontraría más frecuentemente en ambientes aeróbicos. La

**estabilidad y predominancia de las especies en medio acuático es dependiente del pH.** En términos de toxicidad, el As III es cerca de 10 veces más tóxico que el As V (Chasin, 2003).

Con el fin de determinar el aporte de As proveniente del ambiente, es recomendable realizar la especiación del mismo, es decir, realizar la determinación de la concentración de todas las formas químicas con el elemento en distintas matrices, con el fin de sumar las concentraciones para analizar el aporte total de As. **En el caso de agua contaminada con As, este aspecto es particularmente relevante, con el objetivo de verificar la existencia de sustancias tóxicas (como As III ó V) u otras menos tóxicas (arsenocolina y arsenobetaina) (Chasin, 2003).**

La presencia natural se debería al ambiente geoquímico, al depósito volcánico o a la presencia de relaves mineros. **En agua subterránea, las condiciones que afectan la óxidoreducción, como la tasa de bombeo del agua y la profundidad de los pozos, alteran los niveles de As (Chasin, 2003).**

Los compuestos arsenicales tienden a ser absorbidos por el suelo, provenientes del depósito de material particulado presente en la atmósfera u otras formas transportadas por el agua. En sentido inverso, el agua lluvia tiende a movilizar el arsénico; sin embargo, las distancias recorridas suelen ser pequeñas, dado que es reabsorbido por el suelo nuevamente (Chasin, 2003).

**En agua natural en donde prevalecen condiciones reductoras y anaeróbicas, hay mayor presencia de As<sup>+3</sup> como ácido arsenioso (H<sub>3</sub>AsO<sub>3</sub>) (Chasin, 2003).**

Si no hay contaminación antropogénica, el agua de ríos y lagos generalmente presenta(n) niveles de As menores a 10 µg/L (Henke, 2009).

En Bangladesh, el arsénico ha cobrado gran protagonismo desde que se descubrió, en los años noventa, que este elemento está ampliamente presente en el agua de los pozos. Desde entonces, se han logrado notables progresos, y el número de personas expuestas al arsénico en niveles superiores a los permitidos por las normas nacionales de calidad del agua potable ha disminuido en alrededor de un

40%. Pese a estos esfuerzos, se estima que el número de personas con riesgo de exposición a concentraciones de arsénico superiores a la norma nacional de 50 µg/L y al valor guía de la OMS de 10 µg/L ronda en Bangladesh los 20 millones y los 45 millones de personas, respectivamente.

El origen del As en esta región es de origen geológico y no antropogénico, donde los sedimentos de los acuíferos rasos son más ricos en materias orgánicas, propiciando un ambiente reductor que favorece la movilización del As (Henke, 2009).

El **arsénico inorgánico** se puede convertir en **especies metiladas** en el suelo por acción de numerosos **microorganismos** en condiciones **aeróbicas**, así como **anaeróbicas**.

#### 4.2 Arsénico en suelos

Los suelos no contaminados contienen normalmente 5-10 mg/Kg de arsénico. Muchos de los procesos que afectan al As en la química del agua, residuos mineros y sedimentos, también se presentan en los suelos, especialmente la actividad microbiana, factores climáticos, contaminación antropogénica, reacciones con la materia orgánica, adsorción en minerales de arcilla y (oxi)(hidr)óxidos, la precipitación/coprecipitación, la disolución reductora, y la oxidación de minerales de sulfuro. Mientras que suelos ricos en arena de cuarzo derivados de rocas félsicas tienden a tener la menor cantidad de arsénico, depósitos hidrotermales o cualquier ígnea, metamórfica o sedimentaria, son cimientos ricos en minerales de sulfuros y podrían ser una importante fuente de arsénico en los suelos (Henke, 2009).

Las turbas y otros suelos ricos en materia orgánica, con un promedio de 13 mg/Kg de arsénico, por lo general tienen concentraciones de arsénico algo mayores que los suelos no contaminados (Henke, 2009).

La textura del suelo es otra característica importante que afecta la química del arsénico. Minerales de arcilla de grano fino suelen sorber arsénico y son eficaces

para atrapar este metal. Por ejemplo, las arcillas en los suelos de las llanuras costeras de Nueva Jersey contienen >40 mg/kg de arsénico, mientras que las arenas contienen generalmente <10 mg/kg (Henke, 2009). **Este tipo de material arcilloso es el que conforma el fondo del humedal de ciclo corto en el sector del Morado**

Sin embargo, **los suelos que se desarrollan a partir de cenizas volcánicas por el viento o los sedimentos traídos desde grandes distancias por los glaciares o corrientes pueden tener diferentes concentraciones de arsénico subyacente a la roca madre.** Las contribuciones adicionales de arsénico natural pueden resultar de organismos biológicos en descomposición.

En la tabla siguiente se presenta la concentración de As en aguas superficiales y potable, siendo las más frecuentes las concentraciones menores o iguales a 5,0 µg/L. EPA considera para aguas naturales no contaminadas concentraciones menores a 2,0 µg/L.



**Tabla 4.02. Incidencia regional de arsénico en aguas superficiales y agua potable en los Estados Unidos (ATSDR, 2007)**

Región geográfica	Concentración de arsénico en µg/L			
	<1	1-5	5-20	>20
<i>Ocurrencia en las fuentes de aguas superficiales</i>				
Región 1: Nueva Inglaterra	50	50	0	0
Región 2: Atlántico medio	84	12	4	0
Región 3: Sur este	93	7	0	0
Región 4: Oeste medio	24	76	0	0
Región 5: Sur central	32	55	13	0
Región 6: Norte central	33	22	33	0
Región 7: Oeste	42	58	0	0
<i>Ocurrencia en fuentes de agua subterránea</i>				
Región 1: Nueva Inglaterra	71	21	7	0
Región 2: Atlántico medio	81	4	11	4
Región 3: Sur este	82	14	2	0
Región 4: Oeste medio	40	40	15	5
Región 5: Sur central	68	27	15	0
Región 6: Norte central	30	40	30	0
Región 7: Oeste	24	34	28	14
<i>Ocurrencia en suministros de aguas superficiales potabilizadas</i>				
Región 1: Nueva Inglaterra	88	12	0	0
Región 2: Atlántico medio	92	8	0	0
Región 3: Sur este	100	0	0	0
Región 4: Oeste medio	73	27	0	0
Región 5: Sur central	74	19	7	0
Región 6: Norte central	44	44	0	12
Región 7: Oeste	42	58	0	0
<i>Ocurrencia en suministros de aguas subterráneas potabilizadas</i>				
Región 1: Nueva Inglaterra	79	21	0	0
Región 2: Atlántico medio	81	4	11	4
Región 3: Sur este	94	4	2	0
Región 4: Oeste medio	58	27	12	3
Región 5: Sur central	61	27	12	0
Región 6: Norte central	40	50	10	0
Región 7: Oeste	20	40	22	12

**Las principales fuentes antropogénicas de arsénico** en los suelos incluyen desechos de minería, lodos de aguas residuales de origen animal, estiércol, CCA-y amoniacal de cobre, zinc, madera tratada con arseniato, residuos sólidos urbanos, agentes guerra química, aplicación de fertilizantes y plaguicidas arsenicales, y el depósito de residuos de combustión de carbón y de emisiones de fundiciones (Henke, 2009). **Estas fuentes antrópicas no se detectaron en las visitas a terreno efectuadas en el mes de febrero/marzo 2016.**

Típicamente, As V es predominante en valores por encima de las condiciones de 200mV y un pH de 5-8. Los microorganismos frecuentemente reducen, oxidan, metilando arsénico en los suelos (Henke, 2009).

La sorción de As III en los óxidos de hierro (oxi) (hidr) es generalmente más efectiva bajo condiciones ligeramente alcalinas. Para As (V) oxianiones, máxima sorción en minerales de arcilla y hierro y aluminio (oxi) (hidr) óxidos por lo general se produce en suelos alcalinos (Henke, 2009).

Óxidos de manganeso (oxi) (hidr) también puede sorber As V, pero sólo en condiciones muy ácidas (aproximadamente por debajo de pH 2 como se determina por sus puntos isoeléctricos y valores ZPCs (punto de carga cero) (Henke, 2009).

Al igual que los sedimentos, los coloides son a menudo importantes para sorber y transportar arsénico en los suelos. Los coloides pueden consistir en minerales de arcilla, materia orgánica, calcio carbonato, y varios de aluminio, manganeso, y hierro (oxi) (hidr) óxidos. Hierro adicional (oxi) (hidr) óxidos incluyen goethita, akagan'eite ( $\beta$ -FeO (OH)), hematita, ferrihidritas y schwertman noche (Henke, 2009).

La precipitación y el flujo de agua subterránea son capaces de moverse en los suelos que contienen arsénico

Una vez que el As V se moviliza, puede migrar más profundamente en el subsuelo y contaminar las aguas subterráneas.

Al igual que las aguas subterráneas y sedimentos, el pH, contaminantes, reacciones redox, concentraciones de sulfuro, (oxi) química (hidr) óxido, actividad biológica, y química general del agua, tienen profundos efectos en el As V, As III y las concentraciones en los suelos (Henke, 2009).

### 4.3 Arsénico en sedimentos

El As es un importante constituyente de más de 200 minerales. Generalmente se cree que solo se forma a altas temperaturas en la corteza terrestre; sin embargo, se ha reportado arsenopirita autigénica como un constituyente de sedimentos. Su origen ha sido explicado por su precipitación acoplada a la formación de pirita en condiciones reductoras. Durante la formación de la pirita el As es incorporado sustituyendo al Fe en la red cristalina formando pirita autigénica. Estas reacciones son generalmente mediadas por microorganismos (Henke, 2009).

En agua, en suelo y en sedimentos, el As puede encontrarse en estados de oxidación III y V, en forma de arsenitos ( $\text{AsO}_2^-$ ), arseniatos ( $\text{AsO}_4^{3-}$   $\text{HAsO}_4^{2-}$  y  $\text{H}_2\text{AsO}_4$ ) y como especies metiladas (monometilarsenato,  $\text{CH}_3\text{AsO}_2\text{OH}$ ; dimetilarsenato,  $(\text{CH}_3)_2\text{AsOO}^-$ ); dimetilarsina,  $(\text{CH}_3)_2\text{AsH}$ ) (Henke, 2009).

En Alemania, en un estudio en las Montañas Fichtelgebirge, en suelos de humedales, se encontraron concentraciones de As en sedimentos, a pH de 4,5-6,0 y teniendo como fuente de arsénico aguas naturales; estas concentraciones fueron de 0,4-2,5  $\mu\text{g/L}$ , es el menor valor referenciado que se considera “natural no contaminado” (Henke, 2009). **Esto es comparable con las muestras aisladas del humedal de ciclo corto.**

En Ghana al Suroeste, en sedimentos contaminados por roca mineralizada, teniendo como fuente de arsénico aguas naturales, sin referencia de pH, las concentraciones de arsénico obtenidas fueron 11,2-20  $\mu\text{g/L}$ , con sedimentos de 0,45  $\mu\text{m}$  y mayoritariamente como As V. Este es el menor valor referenciado que se consideró como “natural contaminado” (Henke, 2009). **Esto es comparable con las muestras aisladas del estero El Morado.**

#### 4.4 Arsénico en acuíferos

Un acuífero se define como suelo, sedimentos o roca saturados de agua, que es capaz de transmitir cantidades significativas o "útiles" de las aguas subterráneas.

**Efectos de la contaminación por arsénico en las aguas subterráneas poco profundas (<1 Km de profundidad):** A diferencia de las aguas superficiales, el agua de pozo a menudo no es tratada antes de su consumo humano. La contaminación por arsénico de agua de pozo es una de las amenazas más graves y generalizadas para la salud humana y el medio ambiente.

En todo el mundo, tal vez por lo menos 150 millones de personas, incluidos unos 50 millones en Bangladesh, presentan riesgos asociados al arsénico en el agua. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido un límite recomendado de 10 µg/L para el arsénico en el agua potable (WHO, 2008).

En aguas subterráneas el arsénico existe como especies disueltas y con frecuencia en microparticulado, incluyendo coloides. Arsénico "disuelto" por lo general se define como especies verdaderamente disueltas (por ejemplo,  $H_3AsO_3^0$ ) y cualquier coloide que sea lo suficientemente pequeño para pasar a través de un filtro de 0,45 micras.

Los valores de arsénico en aguas de acuíferos de >10 µg/L se consideran como de alta contaminación y de acuerdo con diversos estudios pueden fluctuar entre <1 y 9.900 µg/L (estos valores fueron encontrados en Argentina); así mismo en New Hampshire, EUA, en 30 pozos domésticos con lecho de roca se registraron valores entre <0,02 y 399 µg/L (<0,45µm) (Henke, 2009).

En varias partes se ha identificado que el agua para consumo humano procedente de acuíferos presenta contaminación adicional de arsénico e históricamente se consideran como amenazas graves en algunas zonas de Argentina, Camboya, Chile, China, México, Nepal, Pakistán, Taiwán, Vietnam y los Estados Unidos.

#### 4.5 Comportamiento y biodisponibilidad del As en acuíferos

Diversos factores o condicionantes físicos, químicos y biológicos determinan movimiento del As en los acuíferos, favoreciendo la adsorción o desorción y su disponibilidad en las aguas del acuífero, generando, además, un sinergismo entre ellos, factores que se analizan en este punto. El flujo y transporte por difusión del arsénico disuelto y arsénico particulado móvil en las aguas subterráneas es uno de los puntos de sinergismo. La velocidad de flujo (velocidad y dirección) de las aguas subterráneas es controlada en gran medida por los cambios en la elevación de la tabla de agua con distancia lateral, presión y densidad del agua, y la permeabilidad y otras propiedades del acuífero. En algunas circunstancias, las gradientes de temperatura también pueden afectar el flujo de las aguas subterráneas (Henke, 2009).

La distribución de arsénico puede ser bastante uniforme en las aguas subterráneas de acuíferos homogéneos y esencialmente horizontales. Sin embargo, muchos acuíferos son muy heterogéneos y se componen de rocas madre fracturadas con concentraciones localizadas de minerales que contienen arsénico o distribuciones irregulares de capas de arcilla impermeables en arenas permeables. Esta heterogeneidad puede determinar concentraciones de arsénico en las aguas subterráneas que varían en su magnitud según la localización por sobre unos pocos metros, ya sea en sentido lateral o vertical. Estas distribuciones irregulares son difíciles de modelar y predecir.

#### **Las fuentes de contaminación por arsénico en el agua subterránea:**

Las aguas subterráneas que contienen más de 10 µg/L del arsénico son muy comunes. El arsénico puede proceder de una o más fuentes antropogénicas o naturales, tales como: procesos industriales asociados a uso y eliminación de productos que contienen arsénico, aplicaciones amplias del arsénico en uso como plaguicidas y fertilizantes en base a fosfato, residuos mineros y emisiones de fundición, percolación en el subsuelo de residuos por evaporación o escurrimiento, oxidación de minerales de sulfuro asociado a la disminución de los niveles freáticos,

energía geotérmica por uso de sustancias que contienen As, la disolución reductiva de la unión hierro arsénico y manganeso (Oxi) (hidr) óxidos, la degradación bacteriana de materiales orgánicos naturales o artificiales, la producción de especies de carbonato, y la posterior desorción del arsénico de superficies minerales (Henke, 2009). **Estas fuentes antrópicas no se detectaron en las visitas a terreno efectuadas en el mes de febrero/marzo 2016.**

Además, las aguas subterráneas con concentraciones significativas de arsénico (>10 µg/L) que se derivan de fuentes naturales no siempre se asocian con acuíferos ricos en arsénico (Henke, 2009).

Los fosfatos determinan **desorción de arsénico** de superficies minerales e interfieren fácilmente con la sorción y co-precipitación de arsénico en hierro (oxi) (hidr) óxidos (Henke, 2009).

Por otra parte, largos periodos de sequías con capas freáticas más bajas, permiten que el agua migre más lejos en el subsuelo a través de zonas expandidas insaturadas (Henke, 2009).

Los **sulfuros de arsénico** que antes eran estables en condiciones de reducción por debajo del nivel freático son expuestos a la oxidación, asociado a los sulfuros de Fe (II) que producen óxidos de hierro (oxi) (hidr), y que puede en gran medida capturar el arsénico liberado de los sulfuros.

Durante los períodos húmedos, los niveles freáticos se elevan y sumergen al (oxi) (hidr) óxidos de arsénico. Los óxidos de hierro (oxi) (hidr) pueden entonces someterse a la **disolución reductiva y liberar el As en las aguas subterráneas** (Henke, 2009).

La oxidación de la piritita y otros sulfuros son responsables de las altas concentraciones de arsénico (>1mg/L) en las aguas subterráneas en muchos lugares. Ejemplo de esto es la parte superior de la piedra arenisca de San Pedro, en el este de Wisconsin, EE. UU (Henke, 2009).

En **aguas subterráneas poco profundas**, en algunas regiones, las capas de carbón subterráneo ayudan a la **reducción del As V a As III** (Henke, 2009).

En condiciones **alcalinas**, el óxido de hierro (oxi) (hidr) en sedimentos y suelos es generalmente cargado negativamente, es decir, por encima de sus ZPCs (punto de carga cero) y puntos isoeléctricos.

El desgaste de la roca natural, con su contenido de silicato y carbonato, es menos intenso a nivel de subsuelo (>40 m), en comparación a la situación que se observa en aguas superficiales. La disolución de los silicatos y carbonatos minerales traza eleva el pH, lo que influye en la oxidación e hidroxilación de componentes naturales metálicos.

Bajo condiciones ligeramente alcalinas, la reducción del  $H_3AsO_3^0$  se convierte en el dominante en las aguas y sólo sorbe coprecipitados con hierro parcialmente (oxi) (hidr) óxidos (Henke, 2009).

El oxígeno en forma de  $O_2$  tiende a ser fácilmente consumido por sulfuros de resistencia a la intemperie, que producen ligeramente condiciones reductoras.

Por debajo de aproximadamente 70 m, el  $O_2$  está esencialmente ausente, los minerales de sulfuro en su mayoría son estables y las **concentraciones de arsénico son bajas en las aguas subterráneas** (Henke, 2009). Esta dinámica no se condice con argumentos que asignan alto riesgo ante eventual consumo, a la presencia de As en aguas subterráneas.

Los compuestos orgánicos en los sitios contaminados por materia orgánica soluble en el estiércol, tanques sépticos y vertederos, a menudo se infiltran en el subsuelo. Estos compuestos orgánicos son **agentes reductores**, que aumentan la actividad microbiana, mejoran la disolución reductora de óxidos de hierro y manganeso (oxi) (hidr), y **liberan arsénico** en aguas subterráneas (Henke, 2009). **Esto respalda lo observado en la dinámica de los pozos en aguas rurales (MINSAL) y el agua aislada del pozo muestreado en el sector de El Manzano.**

La **oxidación microbiana** de la materia orgánica también produce especies carbonato, bicarbonato y otras, lo que elevaría la alcalinidad de las aguas subterráneas y la **desorción del arsénico de las superficies minerales**. Cualquier oropimente y rejalar en rocas ígneas y metamórficas también tienden a disolverse en presencia de bicarbonato (Henke, 2009). **Esto respalda, nuevamente, lo observado en la dinámica de los pozos en aguas rurales (MINSAL) y el agua aislada del pozo muestreado en el sector de El Manzano.**

Algunos autores sostienen que la eliminación de los residuos orgánicos de los vertederos y la creación de condiciones de oxidación en el subsuelo podría revertir la disolución reductiva y eliminar el arsénico del agua subterránea evitando la contaminación. La oxidación haría también convertir el As III a As V, que puede coprecipitar con óxidos de hierro (oxi) (hidr) (Henke, 2009).

La oxidación microbiana de la materia orgánica también genera especies de As de carbonato, bicarbonato y otras, lo que elevaría la alcalinidad de las aguas subterráneas y favorecería desorción del arsénico en las superficies minerales (Henke, 2009).

En algunos casos, la anaerobiosis de las aguas puede producir considerable cantidad de metal estable como As V. Teóricamente,  $H_2AsO_4$  y  $HAs_2O_4^{2-}$ ; son las formas que deben dominar en condiciones oxidantes en el subsuelo. Sin embargo, la oxidación del As III es a menudo lenta y la especie oxidante puede persistir en las aguas (Henke, 2009). **Esta situación no se relaciona con lo relativo al humedal de ciclo corto, dado que el proceso de eutrofización no es significativo.**

Aunque existen relativamente pocos análisis disponibles de arsénico metilado en las aguas subterráneas, las poblaciones generalmente bajas de microorganismos en los acuíferos sugieren que las formas metiladas deben estar casi ausentes, excepto en las zonas que han sido contaminadas con desechos generados por humanos o aguas superficiales que se infiltran y que ya tienen abundante metilarsénico (Henke, 2009).



**La química del arsénico en las aguas subterráneas** es controlada en gran medida por medio de reacciones con los sólidos del acuífero, que pueden implicar sorción, intercambio iónico, coprecipitación y precipitación. En la mayoría de los acuíferos, las concentraciones de arsénico son controlados por la sorción de oxianiones de arsénico en **óxidos de hierro (oxi) (hidr)** y en menor medida, de **aluminio y de manganeso (oxi) (hidr) óxidos** (Henke, 2009).

El pH óptimo para la sorción del As V en caolinita y arcillas de esmectita es de aproximadamente 5,0, mientras que el valor óptimo para el As III es de aproximadamente 9,0 (Henke, 2009). **Esto representa la situación del humedal de ciclo corto, donde el subsuelo está conformado por arcillas.**

Para la mayoría de los minerales de arcilla y (oxi) óxidos (hidr) en los acuíferos y otros materiales geológicos, la sorción de As inorgánico III generalmente aumenta al aumentar el pH, mientras que con el aumento de pH el As V inorgánico disminuye su absorción (Henke, 2009).

En condiciones de oxidación de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas cerca de la superficie, el arsénico se elimina de la solución por sorción o coprecipitación con hierro y otros(oxi) (hidr) óxidos. **Esto explica la dinámica histórica observada (1990 – 2015) entre los metales y metaloides presentes en el monitoreo de aguas de DGA.**

En la ausencia de sulfuro, las condiciones reductoras convierten Fe III en Fe II, soluble en agua, el cual disuelve los óxidos del hierro (oxi) (hidr) y **libera el arsénico en el agua subterránea asociada** (Henke, 2009).

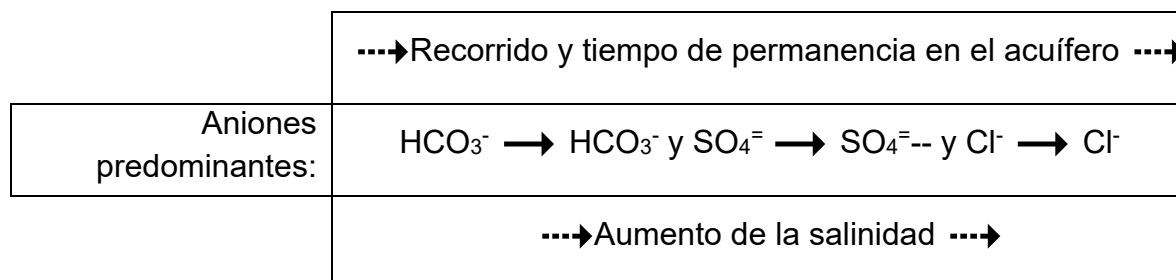


Figura 4.02. **Secuencia de Chevrotared** (Sánchez, 2012)

**La interfase sólido-líquido** juega un papel importante en la regulación de la concentración y el **estado redox**. Estos procesos son en su mayoría mediados por la mineralización de la materia orgánica, la cual actúa como un donador de electrones mientras que los elementos traza actuarían como los aceptores de electrones.

Tabla 4.03. **Reacciones de oxidantes en medio acuático** (Sánchez, 2012)

<i>Acciones en las que interviene el oxígeno como oxidante</i>	
Oxidación del Fe(II): $4\text{Fe}^{+2} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightarrow 4\text{Fe}^{+3} + 2\text{H}_2\text{O}$	Reductor: Hierro [ $\text{Fe}^{+II} \rightarrow \text{Fe}^{+III}$ ] Oxidante: Oxígeno [ $\text{O}^0 \rightarrow \text{O}^{-II}$ ]
Nitrificación: $\frac{1}{2}\text{NH}_4^+ + \text{O}_2 \rightarrow \frac{1}{2}\text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	Reductor: Amonio [ $\text{N}^{-V} \rightarrow \text{N}^{-III}$ ] Oxidante: Oxígeno [ $\text{O}^0 \rightarrow \text{O}^{-II}$ ]
Oxidación de pirita: $4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 14\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$	Reductor: Pirita [ $\text{Fe}^{+II} \rightarrow \text{Fe}^{+III}$ , $\text{S}^{-I} \rightarrow \text{S}^{+VI}$ ] Oxidante: Oxígeno [ $\text{O}^0 \rightarrow \text{O}^{-II}$ ]
<i>Otros oxidantes en ausencia de oxígeno</i>	
Desnitrificación: $5\text{CH}_2\text{O} + 4\text{NO}_3^- \rightarrow 2\text{N}_2 + 5\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	Reductor: Materia Orgánica [ $\text{C}^0 \rightarrow \text{C}^{+IV}$ ] Oxidante: Nitrógeno [ $\text{N}^{+V} \rightarrow \text{N}^0$ ]
Reducción de Fe(III): $\text{CH}_2\text{O} + 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 7\text{H}^+ \rightarrow 4\text{Fe}^{+2} + \text{HCO}_3^- + 10\text{H}_2\text{O}$	Reductor: Materia Orgánica [ $\text{C}^0 \rightarrow \text{C}^{+IV}$ ] Oxidante: Hierro [ $\text{Fe}^{+III} \rightarrow \text{Fe}^{+II}$ ]
Reducción de sulfatos: $2\text{CH}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{HS}^- + 2\text{HCO}_3^- + \text{H}^+$	Reductor: Materia Orgánica [ $\text{C}^0 \rightarrow \text{C}^{+IV}$ ] Oxidante: Sulfato [ $\text{S}^{+IV} \rightarrow \text{S}^{-II}$ ]
*En todas las reacciones, el número de $e^-$ que unos ganan es igual al número de $e^-$ que pierden otros	

Este proceso produce variaciones de **pH**, **pE (potencial de equilibrio)** y **fuerza iónica en los sedimentos**. A su vez, estos cambios modifican la forma química y física de los elementos traza, como el arsénico, lo cual determina su **movilización de la fase sólida** a la que se encuentre adsorbido o formando parte estructural (p. ej. disolución reductiva de óxidos de Fe, Mn, Al; oxidación de sulfuros metálicos, alteración por intemperie, factores climáticos y erosión, etc.), o bien, su fijación a la fase sólida o a partículas (precipitación, adsorción sobre materia orgánica, formación de complejos) e incluso su toxicidad (cambios en el estado redox – por ejemplo, reducción de As V a As III más tóxico).

**El As en solución como resultado de la disposición** de agua contaminada, se **adsorbe a arcillas** y a óxidos-hidróxidos de Fe, Al y Mn. O bien, si se trata de partículas finas de residuos dispuestos sin protección, puede ser transportado por el viento. Estas fracciones se depositan en los sedimentos. De esta forma, el sedimento constituye un reservorio importante del As y otros contaminantes que se acumulan a través de varios procesos incluidos el transporte asociado a partículas suspendidas y a la difusión. Los sedimentos contribuyen a la contaminación de los cuerpos de agua cuando los elementos acumulados son movilizados de los sedimentos por factores fisicoquímicos y biológicos, por ejemplo, durante los procesos diagenéticos que liberan el As adsorbido en la fase sólida (Henke, 2009). **Esto respalda la situación del comportamiento del As en el humedal de ciclo corto en el sector de El Morado.**

En el **sedimento**, el comportamiento del As es regulado a través de los procesos fisicoquímicos y biológicos que se producen en la interfase agua – sedimento y que permiten explicar su interacción con la fase sólida. Esta interacción es muy importante pues determina la respuesta del As y otros elementos traza, a los cambios fisicoquímicos del agua (Henke, 2009).

Es bien sabido que la especie reducida del arsénico, As III, es la forma química de interés toxicológico. Las especies químicas de As predominantes en el agua están determinadas por las condiciones de pH y redox del medio. Estas modificaciones al medio son producidas por las reacciones diagenéticas. El indicador diagenético más sensible de los procesos geoquímicos que ocurren en los sedimentos acuáticos es el agua en contacto con la fase sólida y que se conoce como agua de poro o agua intersticial; esto se debe a que pequeños cambios que ocurren en los sedimentos se manifiestan por un cambio importante de concentraciones en el agua intersticial que se puede estudiar e interpretar (Henke, 2009).

Estos cambios resultan de una interacción entre las fases sólida y líquida que hacen que un análisis del agua intersticial nos permita determinar las especies disueltas y por ende las reacciones que posiblemente dieron origen a tales concentraciones.

Las especies  $\text{AsO}_2^-$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{HAsO}_4^{2-}$  y  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  son las formas químicas más móviles de arsénico y tienen una gran afinidad por los óxidos-hidróxidos de Fe, Al y Mn sobre los que se adsorben eficientemente en condiciones oxidantes en un intervalo entre 7 y 9. En la mayoría de las condiciones redox del medio ambiente el As V se encuentra presente como  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  y el As III en la forma de  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ . La concentración del As en solución está controlada por la adsorción del As sobre los minerales de hierro makinawita ( $\text{FeS}$ ), marcasita ( $\text{FeS}_2$ ), grieguita ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) o sobre óxidos amorfos de hierro. El arsénico tiene alta afinidad por las arcillas pues estas tienen grupos óxido en la superficie, a los cuales es afín (Henke, 2009).

La presencia de **materia orgánica y la lenta difusión de oxígeno en el sedimento**, promueven el desarrollo de condiciones reductoras justo debajo de la interface agua-sedimento. Las reacciones de reducción ocurren cuando los lagos, suelos, sedimentos y acuíferos llegan a ser anaeróbicos, debido al consumo del  $\text{O}_2$  durante la mineralización de la materia orgánica, mediada por microorganismos, siguiendo la secuencia de las reacciones diagenéticas. **El proceso ocasiona cambios en el comportamiento redox del Fe. Esto es de particular importancia dado que afecta directamente la movilidad del As al producirse la disolución reductiva de los hidróxidos de hierro, Fe III a Fe II en que el As adsorbido o enlazado con esta fase sólida se libera al agua y puede ser transportado por difusión produciendo un incremento de As en el agua intersticial y en la columna de agua.** Lo anterior explica bien el ciclo del As entre el agua intersticial de los sedimentos poco profundos y las aguas superficiales como respuesta a las variaciones de las condiciones redox acoplado al ciclo geoquímico del Fe. En los sedimentos, bajo condiciones reductoras, el comportamiento geoquímico del As es regulado por el sistema sulfatos-sulfuros. Los elementos traza, incluido el As, asociados a los monosulfuros, pueden ser liberados y redistribuidos durante su transformación a pirita y por otra parte el As puede precipitar con los sulfuros diagenéticos (Henke, 2009).

**La movilización del As es mayor en sedimentos con bajo contenido de Fe y  $\text{CaCO}_3$** , como en el caso de sedimentos marinos, esto es debido a que un bajo

contenido en Fe, supone una disminución de los óxidos-hidróxidos de Fe que son los principales adsorbentes del As, situación contraria a la observada en las visitas a terreno y en el análisis de la conformación geomorfológica y estudios de IR de las rocas. Por otra parte, diversos estudios sugieren una baja movilidad del As relacionada al contenido de calcio en los sedimentos. Un alto contenido de Ca en sedimentos puede precipitar al As como arseniatos de calcio controlando así las concentraciones de As disuelto, situación similar a la observada en las visitas a terreno y en el análisis de la conformación geomorfológica y estudios de IR de las rocas (ver capítulo 2 de informe PHAM). (Henke, 2009)

La presencia de cationes como Ca y Mg pueden facilitar la adsorción de especies de As V negativamente cargadas en la fase sólida. Efectos similares pueden tener el **Al en aguas ácidas y el Fe II en aguas reductoras**. Los procesos evaporativos en ambientes áridos permiten el mantenimiento de valores altos de pH, así como concentraciones altas en Cloro, Flúor y Uranio. En general, este mecanismo no explicaría las concentraciones altas de arsénico observadas en ambientes reductores, ya que éstos suelen tener un pH próximo al valor neutro (Henke, 2009).

#### 4.6 Especiación acuosa

Bajo condiciones de oxidación,  $H_2AsO_4^-$  (arsenato dihidrógeno) es dominante a pH bajo (menor a 6,9), mientras que a pH más altos  $HAsO_4^{2-}$  (arsenato (hidrógeno)) es dominante (figura 4.03). En condiciones extremadamente ácidas,  $H_3AsO_4^0$  (As V) es importante mientras que  $AsO_4^{3-}$  puede estar presente en condiciones alcalinas. Bajo condiciones de reducción donde el pH es menor que 9,2, las especies de arsénico sin carga  $H_3AsO_3^0$  (As III) predominan. El arsénico nativo puede estar presente bajo condiciones de reducción extremas.

El estado de oxidación del arsénico, y por tanto su movilidad, están controlados fundamentalmente por las condiciones redox (potencial redox, eH) y el pH (figuras 4.03 y 4.04). De hecho, el arsénico es un elemento singular entre los metaloides pesados y elementos formadores de oxianiones por su sensibilidad a movilizarse en los valores de pH típicos de las aguas (pH 6,5-8,5). Como aproximación, y sin tener

en cuenta otros factores como contenido en materia orgánica, en condiciones oxidantes, el estado As V predomina sobre As III, encontrándose fundamentalmente como  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  a valores de pH bajos (inferiores a 6,9), mientras que, a pH más alto, la especie dominante es  $\text{HAsO}_4^{2-}$  (en condiciones de extrema acidez, la especie dominante será  $\text{H}_3\text{AsO}_4^0$ , mientras que en condiciones de extrema alcalinidad, la especie dominante será  $\text{AsO}_4^{3-}$ ) (Figura 4.03 (a)). En condiciones reductoras a pH inferior a 9,2, predominará la especie neutra (Figura 4.03 (b)) (Lillo, 2008).

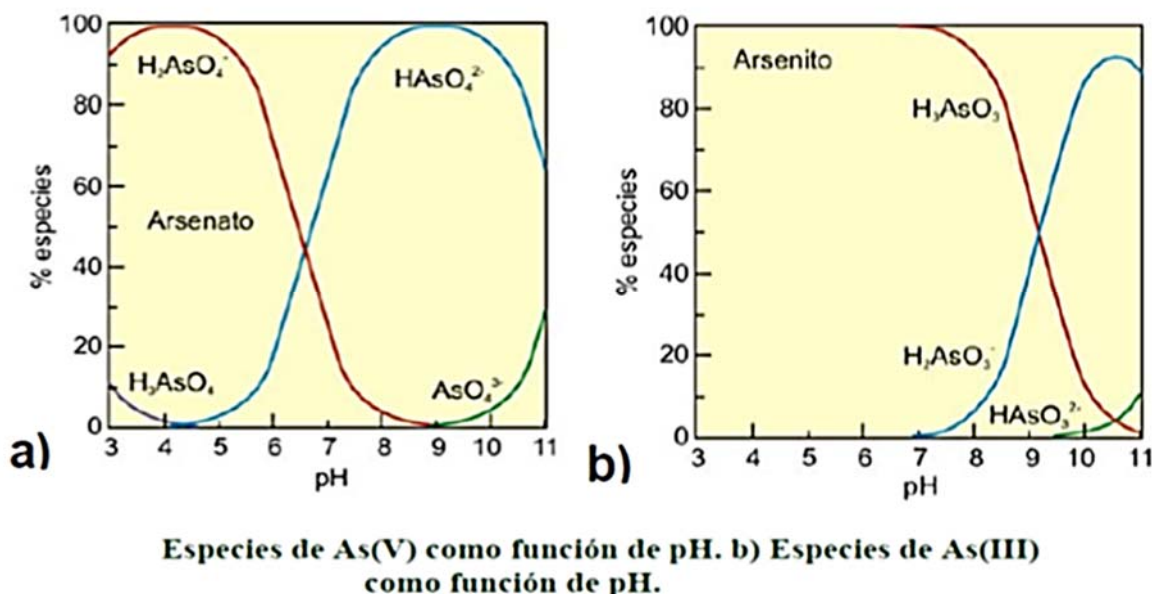


Figura 4.03. **Especies de arsénico en función del pH** (Lillo, 2008)

La relación de As III con As V en aguas varía con el estado redox en el acuífero, lo que a su vez depende de la abundante actividad redox en sólidos, especialmente en el carbón orgánico, y el flujo de oxidantes potenciales (oxígeno, nitrato y sulfato). Los microorganismos juegan un papel clave en estas reacciones redox, en el medio ambiente la alta actividad microbiana puede ser responsable de la falta de equilibrio redox entre las especies de arsénico.

En condiciones de reducción en los acuíferos, caracterizado por Fe III y sulfato reducido, el As III domina típicamente, como consecuencia de la secuencia redox. En sistemas de oxidación, As V es típicamente dominante. El grado de equilibrio redox respecto al arsénico en aguas naturales ha sido un gran motivo de debate.

Aunque observar el índice de oxidación de As III en aguas subterráneas es difícil bajo condiciones de campo, generalmente se cree que los índices son lentos. La actividad microbiana es también lenta en aguas subterráneas, pero esto es compensado en cierta medida por las escalas a largo plazo usualmente utilizadas en el flujo de aguas subterráneas a través del tiempo. **Esta situación es similar a la que se presenta en condiciones de agua en pozo.**

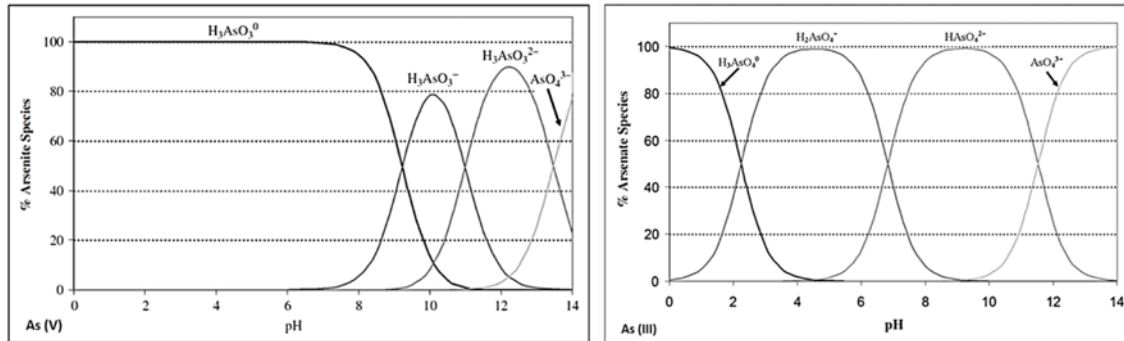


Figura 4.04. **Especiación de las especies de arsenita según pH.** (Henke, 2009)

Especies inorgánicas de arsénico en agua. La figura muestra la distribución de las especies As V y As III en función del pH con una fuerza iónica de 0,04 (Henke, 2009).

La tasa de oxidación del As III en presencia de manganeso y agua puede ser mejorada sustancialmente por bacterias manganeso-oxidantes, tales como *Leptothrix ochracea*, que son bacterias importantes en la oxidación de Mn II a Mn IV, Fe II a Fe III, y As III a As V. La oxidación de Mn II conduce a la precipitación de Mn IV (oxi) (hidr) óxidos, que luego de una oxidación abiótica adicional de As III, absorbe significativamente el As V que resulta de ambas oxidaciones biótica y abiótica (Henke, 2009).

## Conclusiones

Los metales pesados traza en aguas naturales tienen diversos orígenes y para el caso específico de la macrozona del cajón del Maipo, las aguas se relacionan con

un origen natural asociado a la conformación geológica y geomorfológica de la roca base y sus componentes de metales y metaloides, sometidos a deslizamientos en masa, efectos locales del clima y erosión en el tiempo.

La distribución del **As en un acuífero y en el medio ambiente es multifactorial y depende de la dinámica de diversos escenarios, condicionada por factores químicos y físicos** tanto del agua como del medio físico en el cual está confinada.

Dentro de los factores dependientes del ambiente, destacan la **permeabilidad de los suelos, el pH, el efecto redox de los diversos componentes del suelo, la materia orgánica, y la acción de bacterias y otros microorganismos.**

Entre los factores dependientes de las características físico químicas de las aguas, están los cambios de **pH que modifican la disponibilidad del arsénico** en sus valencias III o V; además, la alcalinización favorece la desorción del arsénico desde los sedimentos y así aumenta su presencia en la fracción acuosa.

Las **interacciones entre hierro, manganeso, sulfatos, fosfatos, carbonatos y bicarbonatos, modifican la sorción y la especiación del arsénico en los acuíferos.**

La acción de **microorganismos y de la materia orgánica también favorece la desorción del arsénico desde los sedimentos** y desde las conformaciones geológicas del acuífero e influyen en la especiación.

El **aumento de las temperaturas ambientales asociado a la disminución de las precipitaciones favorece el aumento de la salinidad de suelos y sedimentos,** lo que a su vez incide en el acuífero.

La **profundidad del acuífero,** mientras más superficial se encuentre más asociación con niveles elevados de arsénico si se compara con acuíferos con pozos más profundos.

Como ya se estableció, la dinámica del arsénico en agua superficial es multifactorial. Para los casos específicos de pHs de 5 a 6, 6 ó 9, se encuentran situaciones



especiales en relación al **humedal de ciclo corto**, el cual además se asocia a **suelos arcillosos en el lecho**, **materia orgánica proveniente de las heces de animales**, y **anaerobiosis leve por baja tasa de eutrofización**. Esto significa que, dependiendo del factor dominante, es posible encontrar altas o bajas concentraciones de arsénico en el agua, para distintos periodos de la evolución de este acuífero.

El aporte de arsénico, principalmente valencia V, y otros metales a las aguas superficiales del Cajón del Maipo son históricas y, está relacionado con su origen geomorfológico y no con las actividades del PHAM, pues preceden a estas.

La acción de **microorganismos del suelo** y efectos de la contaminación superficial con materia orgánica, favorecen la liberación de arsénico, sobre todo en presencia de **hierro y manganeso**. Esto respalda lo observado en la dinámica de los pozos en aguas rurales (MINSAL) y el agua aislada del pozo muestreado en el sector de El Manzano.

La presencia de **hierro** favorece, en ambiente oxidante, la separación del arsénico del manganeso y la unión del hierro al arsénico, liberándose así el manganeso al agua, aumentando su biodisponibilidad. Y, viceversa, si disminuye el hierro, y/o el ambiente es reductor. Esto explica la dinámica histórica observada (1990 – 2015) entre los metales y metaloides presentes en el monitoreo de aguas de DGA.

Estos alcances deben ser interpretados en un contexto mayor, correspondiente a los fenómenos de dilución y concentración, asociados a los caudales cambiantes según esquemas estacionales y periodos de sequía.

### **Fuentes de Información:**

- 4.1. Henke, K. 2009. "Arsenic: Environmental Chemistry, Health Threats and Waste Treatment". 1st Edition. John Wiley & Sons Ltd. USA. p. 13, 15, 26 – 31, 41 – 59, 99, 107 – 110, 146 – 162, 304
- 4.2. Lillo, J. 2008. "Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas". GEMM, España – Chile.
- 4.3. Chasin, A., y Acevedo, F. 2003. Metais Gerenciamento da Toxicidade. Primeira edição. Atheneu Inter Tox. São Paulo, Brasil. p. 203 – 238.
- 4.4. Sánchez, J. (2012). "Evolución Geoquímica de las Aguas Subterráneas". Dpto. Geología-Universidad de Salamanca. España.
- 4.5. Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J., Finkelman, R., Fuge, R., Lindh, U y Smedley. P. 2005. "Essential of Medical Geology Impact of the Natural Environment on Public Health". Elsevier Inc. San Diego, California, USA. p. 288 - 293
- 4.6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. Toxicological Profiles: Arsenic. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health. Visitado el 02 de marzo de 2016, disponible online: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=22&tid=3>
- 4.7. World Health Organization, WHO. 2008. Guidelines for Drinking Water Quality: incorporating 1st and 2nd addenda, Vol. 1. Recommendations. 3rd edition. Genève, Switzerland.

## Capítulo V

### Quinto paso: Determinar implicaciones para la salud pública

La importancia del agua, el saneamiento y la higiene para la salud y el desarrollo han quedado reflejados en los documentos finales de diversos foros internacionales sobre políticas, entre los que cabe mencionar conferencias relativas a la salud, como la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud que tuvo lugar en Alma Ata, Kazajstán (ex Unión Soviética) en 1978, conferencias sobre el agua, como la Conferencia Mundial sobre el Agua de Mar del Plata (Argentina) de 1977, que dio inicio al Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, así como los Objetivos de Desarrollo del Milenio aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo de 2002. (OMS, 2008)

Más recientemente, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida». (OMS, 2008)

El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local. En algunas regiones, se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria es superior al costo de las intervenciones. Dicha afirmación es válida para diversos tipos de inversiones, desde las grandes infraestructuras de abastecimiento de agua hasta el tratamiento del agua en los hogares. (OMS, 2008)

La experiencia ha demostrado asimismo que las medidas destinadas a mejorar el acceso al agua potable favorecen en particular a los pobres, tanto de zonas rurales

como urbanas, y pueden ser un componente eficaz de las estrategias de mitigación de la pobreza. (OMS, 2008)

En los periodos 1983-1984 y 1993–1997, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó las ediciones primera y segunda de las **Guías para la calidad del agua potable**, en tres volúmenes, basadas en normas internacionales anteriores de la OMS. En 1995, se decidió iniciar un proceso de desarrollo adicional de las Guías mediante su revisión continuada. Este proceso condujo a la publicación, en 1998, 1999 y 2002, de apéndices a la segunda edición de las Guías, relativos a aspectos químicos y microbiológicos; a la publicación de un texto acerca de las *Cianobacterias tóxicas en el agua*, y a la elaboración de exámenes de expertos sobre cuestiones clave, en preparación para la elaboración de una tercera edición de las Guías. En 2000, se acordó un plan pormenorizado para la elaboración de la tercera edición de las Guías. Como en las ediciones anteriores, la labor ha sido compartida por la Sede de la OMS y la Oficina Regional de la OMS para Europa (EURO). Han dirigido el proceso de desarrollo de la tercera edición el Programa de Agua, Saneamiento y Salud, en la Sede de la OMS en Ginebra, y el Centro Europeo para el Medio Ambiente y la Salud, de la EURO, con sede en Roma. En la Sede de la OMS, el Programa de Fomento de la Seguridad Química colaboró en aspectos relativos a los peligros de tipo químico, y el Programa de Fomento de la Seguridad Radiológica ayudó a redactar la sección sobre aspectos radiológicos. Las seis Oficinas Regionales de la OMS participaron en el proceso. Actualmente están vigentes las guías del 2008

En las *Guías para la calidad del agua potable (2008)* explican los requisitos necesarios para garantizar la inocuidad del agua, incluidos los procedimientos mínimos y valores de referencia específicos, y el modo en que deben aplicarse tales requisitos. Describe asimismo los métodos utilizados para calcular los valores de referencia, e incluye hojas de información sobre peligros microbianos y químicos significativos. (OMS, 2008)

Desde la publicación de la segunda edición de las *Guías para la calidad del agua potable* de la OMS, se han producido varios acontecimientos que han permitido conocer mejor diversos aspectos relativos a la calidad del agua de consumo y la salud, y han puesto de manifiesto su importancia. Estos acontecimientos quedan reflejados en la presente tercera edición de las Guías. (OMS, 2008)

El presente documento sustituye a las ediciones anteriores de las Guías (1983–1984, 1993–1997 y apéndices de 1998, 1999 y 2002) y a las normas internacionales anteriores (1958, 1963 y 1971). (OMS, 2008)

Las Guías se consideran reflejo de la opinión oficial del sistema de las Naciones Unidas sobre cuestiones relativas a la calidad del agua y la salud, así como el de ONU-Agua, el organismo que coordina a los 24 organismos y programas de las Naciones Unidas interesados en cuestiones relativas al agua. (OMS, 2008)

Dentro de los diversos análisis se reconoce cada vez más que la exposición por medio del agua de consumo a unas pocas sustancias químicas, como el fluoruro, el arsénico y el nitrato, produce grandes efectos sobre la salud, y otras sustancias, como el plomo, el selenio y el uranio, pueden producir también efectos significativos en determinadas condiciones. El interés por los peligros derivados de la presencia de sustancias químicas en el agua de consumo aumentó como consecuencia del reconocimiento de la magnitud de la exposición al arsénico presente en el agua de consumo en Bangladesh y en otros lugares. (OMS, 2008)

La OMS recibe con frecuencia solicitudes de orientación acerca de la aplicación de las *Guías para la calidad del agua potable* en situaciones diferentes de las de los sistemas de abastecimiento comunitarios o los servicios gestionados por entidades públicas. (OMS, 2008)

Las *Guías para la calidad del agua potable* se mantienen actualizadas mediante un proceso de revisión continua que conlleva la publicación periódica de documentos que pueden ampliar o reemplazar la información. (OMS, 2008)

## Efectos en Salud y Normas de calidad de agua

**Las aguas superficiales naturales, fluviales, ríos y otras, contienen compuestos químicos diversos en concentraciones variables y en gran medida éstos son de naturaleza inorgánica. (OMS, 2012)**

El uso de tales aguas para fines relacionados con la actividad humana (agua potable, riego, recreación, acuicultura, etc.) condiciona primero la identificación y la concentración de las sustancias y luego un necesario tratamiento de ellas, de modo que no impliquen riesgo para la salud humana u otros propósitos, como la protección de la flora y la fauna. Los niveles seguros de sustancias en aguas han sido ampliamente establecidos con bases científicas y por más de 60 años tanto por organismos técnicos de carácter internacional (OMS, FAO, PNUMA) como por organismos nacionales. (OMS, 2012)

**Efectos en la salud de otros metales y metaloides:** En consideración a la ausencia de efectos sobre especies centinelas para plomo, aluminio, hierro, boro, manganeso, y selenio detectados con valores altos en monitoreo histórico de aguas del Cajón del Maipo (capítulo 3), al tipo de aguas correspondientes a estos monitoreos (aguas crudas o de uso recreacional), a la escasa o nula absorción por vía dermal de estos elementos y a que sólo arsénico posee efectos significativos por vía oral para el ser humano, sólo este último metal será analizado con efecto potencial de riesgo.

De los cuatro metales carcinogénicos identificados en el monitoreo histórico de aguas (cromo, níquel, antimonio y arsénico), **solo el arsénico produce cáncer al ingresar al cuerpo humano por la vía digestiva,** mediante el consumo de agua. Los tres restantes son carcinogénicos mediante la exposición por la vía respiratoria, tienen que ser inhalados y en general su impacto adverso se da más frecuentemente en ambientes laborales por exposición ocupacional.

**Efectos en la salud del arsénico:** El arsénico existe tanto en forma orgánica como inorgánica. Los compuestos de arsénico inorgánico (como los que se encuentran

en el agua) son extremadamente tóxicos, en tanto que los compuestos de arsénico orgánico (como los que se encuentran en pescados y mariscos) son menos perjudiciales para la salud. (OMS, 2012)

**Efectos agudos:** Los síntomas inmediatos de intoxicación aguda por arsénico incluyen vómitos, dolor abdominal y diarrea. Seguidamente, aparecen otros efectos, como entumecimiento u hormigueo en las manos y los pies o calambres musculares y, en casos extremos, la muerte. (OMS, 2012). El consumo de agua no representa riesgo de intoxicación aguda.

**Efectos a largo plazo:** Los primeros síntomas de la exposición prolongada por 5 o más años a altos niveles de arsénico inorgánico (por ejemplo, a través del consumo de agua y alimentos contaminados) se observan generalmente en la piel e incluyen cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis). Estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel. (OMS, 2012)

Además de cáncer de piel, la exposición prolongada al arsénico por vía oral también puede causar cáncer de vejiga y de pulmón. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC o IARC por su sigla en inglés) ha clasificado el arsénico y los compuestos de arsénico como cancerígenos para los seres humanos; el arsénico presente en el agua de bebida también ha sido incluido en esa categoría por el CIIC. (OMS, 2012)

Entre los demás efectos perjudiciales para la salud que se pueden asociar a la ingesta prolongada por años de arsénico destacan los que siguen: problemas relacionados con el desarrollo, neurotoxicidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares. En China (Provincia de Taiwán), la exposición al arsénico se ha vinculado a la «enfermedad del pie negro», una afección grave de las arterias periféricas de las extremidades que causa gangrena. Sin embargo, esta enfermedad no se ha observado en otras partes del mundo; es posible que la malnutrición contribuya a su desarrollo. (OMS, 2012)

De este modo han surgido las diferentes **normas de exposición relacionadas con agua potable, agua de riego, etc.** Como se describe en el documento de OMS, han pasado por rigurosos procedimientos de evaluación del riesgo para definir los niveles de concentración de las sustancias que son seguros para la exposición humana. Para ello, la base científica se fundamenta en identificar la dosis que produce los daños graves en humanos y a partir de la cual se infiere y extrapola mediante diversos procedimientos cuál es la **dosis necesariamente más baja que es segura, o sea, la dosis a la cual el humano se puede exponer a diario durante toda su vida sin que se presenten efectos dañinos para su salud.** A partir de la dosis considerada científicamente segura se puede calcular a continuación cuál es la concentración de la sustancia –en el agua, por ejemplo- que le corresponde. Estos dos tipos de dato –dosis y concentración- proporcionados por equipos internacionales de evaluación de riesgos, determinan el establecimiento de la norma oficial de exposición y que elabora cada país por su cuenta.

La ingestión de aguas naturales, crudas, de ríos, sin tratar, en la actualidad es algo **infrecuente y mucho menos permanente.** Para interpretar el grado de riesgo potencial de las concentraciones de metales en las aguas de los ríos, deben confrontarse con los valores normativos disponibles para diversos usos, nacionales o internacionales. Es la modalidad de estimar la magnitud del posible riesgo que se hace en este documento, en el entendido que, si dichas aguas en alguna parte se van a extraer para uso como agua potable, deben ser sometidas a tratamiento previo.

Tabla 5.01. **Valores de referencia de metales (mg/L) para calidad de agua presentes en diferentes normas nacionales e Internacionales** (OMS, 2008; NCh 409, 2005; D.S. 143, 2008)

Referencia	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni	Pb	Al	Se	Mn	Ag	V	Ba	Co	Mo	Be	B	Fe
OMS (calidad del agua potable)	0,003	3	0,05	0,01	2	0,07	0,01	0,2	0,01	0,4	0,1		0,7		0,07		0,5	0,3
NCh 409 (agua potable)	0,01	3	0,05	0,01	2		0,05		0,01	0,1								0,3
D.S. N° 143 (uso recreacional)	0,033		0,55	0,11			0,11											

**Dra. Laura Börgel A. y Compañía Limitada**

[asesorias@toxicologia.org](mailto:asesorias@toxicologia.org) – [dra.borgel@toxicologia.org](mailto:dra.borgel@toxicologia.org)

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478



**Los síntomas y signos asociados a elevados niveles de exposición prolongada al arsénico inorgánico difieren entre las personas, los grupos de población y las zonas geográficas. No existe pues una definición universal de las enfermedades causadas por el arsénico, lo que complica la evaluación de su carga para la salud. (OMS, 2012)**

**De modo análogo, no existe tampoco un método para distinguir los casos de cáncer causados por arsénico de los inducidos por otros factores, por lo que se carece de una estimación fiable de la magnitud del problema a nivel mundial. (OMS, 2012)**

**En 2010, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios reevaluó los efectos del arsénico en la salud humana, a la luz de los nuevos datos disponibles. Una de sus conclusiones importantes fue que en el caso de algunas regiones del mundo donde las concentraciones de arsénico inorgánico en el agua de bebida superan los 50-100 µg/litro (0,05-0,10 mg/L) hay cierta evidencia de efectos adversos. En otras regiones, donde las concentraciones de arsénico en el agua son elevadas, aunque no tanto (10-50 µg/litro) el Comité concluyó que, si bien existe el riesgo de efectos adversos, estos presentarían niveles de incidencia bajos, que serían difíciles de detectar por los estudios epidemiológicos. (OMS, 2012)**

### **ESTIMACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD POR ARSÉNICO EN AGUA CRUDA Y AGUAS RURALES EN LA CUENCA DEL CAJON DEL MAIPO**

Se ha señalado la gran variedad de efectos adversos para la salud a largo plazo de tipo no carcinogénico que se puede presentar en poblaciones expuestas (OMS 2012), los cuales en su gran mayoría aparecen por ***consumo prolongado durante años de agua con concentraciones de arsénico por sobre los 50 µg/L (0,05 mg/L)***, valor éste que fue recomendación de la OMS entre 1963 y 1993 y norma nacional chilena durante muchos años hasta el 2004. La frecuencia y gravedad de los efectos adversos asociados al arsénico aumentan notoriamente a medida que la concentración en agua y la exposición humana suben por sobre el valor de 50

**Dra. Laura Börgel A. y Compañía Limitada**

[asesorias@toxicologia.org](mailto:asesorias@toxicologia.org) – [dra.borgel@toxicologia.org](mailto:dra.borgel@toxicologia.org)

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478

µg/L. Si bien algunos de los efectos no carcinogénicos pueden desarrollarse con exposición prolongada a niveles por bajo los 50 µg/L, su frecuencia es muy baja y tiende a ser cada vez más baja a medida que tales niveles descienden por bajo este valor, al extremo que pueden ser indetectables epidemiológicamente y muy difícil de ser clínicamente atribuibles al arsénico y más difícil si las poblaciones son pequeñas, de unos pocos miles de habitantes.

Los cánceres asociados a la exposición arsenical (con certeza los de piel, pulmón y vejiga, y con fuerte sospecha los de hígado, riñón y próstata) pueden desencadenarse por exposición muy prolongada al arsénico tanto por sobre como por bajo el valor de 50 µg/L, e incluso por bajo el valor normativo vigente de 10 µg/L. En general se presenta una relación lineal entre la incidencia del cáncer y la concentración en agua o con la dosis equivalente. El riesgo de cáncer asociado al valor recomendado por la OMS de 10 µg/L en 1993, se asume actualmente como un **riesgo aceptable por la comunidad científica internacional y por las autoridades sanitarias y ambientales de los países.**

Un grupo de efectos adversos que ha sido motivo de investigación mundial reciente se refiere al daño reproductivo a nivel del feto y de la madre. Por el momento, en esta área se ha podido identificar algunos daños clínicos (aborto espontáneo, mortinato, mortalidad infantil precoz), que se **desencadenan de modo definido con niveles de exposición maternal (fetal) al arsénico en agua que están por sobre el valor de 50 µg/L (0,05 mg/L).**

Está demostrado que la **intoxicación aguda** por arsénico se produce por la ingestión de **cantidades extremadamente altas, las cuales ni remotamente se alcanzan incluso con las concentraciones más elevadas que se hayan encontrado en agua potable en cualquier parte del mundo.** Cuadros agudos graves y letales se describen con ingestión de entre 70 y 180 mg de arsénico y ello no ha sido a través del agua. En situaciones mundiales conocidas de aguas de consumo humano con altos niveles de arsénico (Antofagasta en los 1960's, Argentina, México, Taiwan, Bangladesh), con concentraciones en agua del orden

de 600 (0,6 mg/L), 1.000 (1 mg/L) y 2.000 µg/L (2 mg/L), no se han descrito casos de intoxicaciones agudas. Los valores (de arsénico puntuales) históricos promedio de arsénico en **agua cruda de ríos (históricos) del Cajón del Maipo** más altos consignados se encuentran en **0,138 mg/L**, y como promedio histórico 0,052 mg/L, ambos valores muy lejanos de las concentraciones para efectos agudos. Además debe considerarse que el agua cruda de estos ríos **no está** clasificada como agua de consumo humano.

Por otra parte, en el estudio de **metales en aguas del programa de “entornos saludables del Ministerio de Salud” 2013 a 2015, para aguas rurales del Cajón del Maipo y que no proceden de los ríos**, los tres valores de arsénico encontrados sobre la norma nacional de 0,010 mg/L en un total de 31 muestras, están algo más del doble de ella (0,024, 0,026 y 0,027 mg/L). Cabe destacar que las concentraciones de arsénico en los ríos fueron a menudo tres a cuatro veces más altas que estas excedencias halladas en el agua rural para consumo humano y además es importante tener en cuenta que durante muchos años la norma nacional de arsénico en agua potable fue de **0,05 mg/L**, nivel considerado entonces y ahora como seguro para fines de evitar los efectos adversos no carcinogénicos del arsénico. **Y cabe recordar nuevamente que estas concentraciones en los ríos no han sido constantes ni mantenidas en el tiempo, sino que se presentan esporádicamente entre los meses de noviembre a diciembre.**

**La información científica permite establecer cuatro categorías de exposición al arsénico según su concentración en el agua** y según la frecuencia y la gravedad de los efectos asociados. A saber: **muy alto**, con valores sobre los 400 µg/L (0,4 mg/L); **alto**, con valores entre  $\geq 100$  y  $\leq 400$  µg/L ( $\geq 0,1$  a  $\leq 0,4$  mg/L); **mediano**, entre  $\geq 50$  y  $\leq 100$  µg/L ( $\geq 0,05$  a  $\leq 0,1$  mg/L), **y bajo**, con valores por bajo los 50 µg/L (menores a 0,05 mg/L). La frecuencia y la gravedad de los efectos disminuyen en general en paralelo con el descenso de las concentraciones. Los valores para aguas rurales se han centrado en la cuarta categoría, bajo; de las 31 muestras, sólo 3 presentaron valores sobre la norma de 10 µg/L, los cuales están en un promedio de 26 µg/L.

El riesgo de desarrollar afecciones de carácter crónico es extremadamente bajo, tanto en el sector del Cajón del Maipo, como del área de influencia del PHAM. Esto lo confirman ampliamente las investigaciones a nivel mundial para las exposiciones a niveles en agua de  $\leq 50$   $\mu\text{g/L}$ . El antecedente histórico de que la OMS mantuvo su recomendación de 50  $\mu\text{g/L}$  durante 30 años (1963-1993) como nivel de protección para el desarrollo de afecciones no carcinogénicas, refrenda esta aseveración. Su propuesta de 10  $\mu\text{g/L}$  (0,01 mg/L) en 1993 apunta a avanzar en la protección de la salud (alcanzando) mediante exposiciones menores que (ahora) reduzcan aun más los riesgos de cáncer que sí son reales con valores de arsénico por bajo los 50  $\mu\text{g/L}$ , aun cuando sean de muy baja incidencia, como ya se señaló.

Lo que sí es un hecho (real) son los riesgos de cáncer estimados, incluso a nivel de la norma de 10  $\mu\text{g/L}$ . Esta situación merece una adecuada comunicación de riesgo a la comunidad local; recordar que estos valores caen dentro de lo que se denomina **riesgo aceptable, que implica la aceptación por parte de la sociedad de una situación que por el momento no es posible resolver, por diversas razones científicas, tecnológicas y económicas, entre otras.**

#### **Criterios de la OMS para arsénico en agua y aplicabilidad de las recomendaciones de las Guías:**

El arsénico es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. Los esfuerzos de la Organización por reducir la exposición al arsénico incluyen el establecimiento de valores guía, el examen de los datos científicos disponibles y la formulación de recomendaciones para la gestión de los riesgos. La OMS ha definido un valor guía para el arsénico en sus *Guías para la calidad del agua potable* cuya finalidad es servir en el mundo entero de base para las tareas de reglamentación y normalización en esta esfera. En estos momentos el límite recomendado para la concentración de arsénico en el agua potable es de 10  $\mu\text{g/L}$ , aunque este valor de referencia se considera provisional dadas las dificultades de medición y las dificultades prácticas relacionadas con la eliminación del arsénico del agua de bebida. Cuando hay problemas para asumir el valor guía, los Estados Miembros pueden establecer límites más elevados teniendo en cuenta las

**Dra. Laura Börgel A. y Compañía Limitada**

[asesorias@toxicologia.org](mailto:asesorias@toxicologia.org) – [dra.borgel@toxicologia.org](mailto:dra.borgel@toxicologia.org)

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478

circunstancias locales, los recursos disponibles y los riesgos asociados a fuentes con bajos niveles de arsénico contaminadas microbiológicamente. (OMS, 2012)

### En resumen:

Un número importante de metales pesados se han asociado a cáncer, de acuerdo con estudios experimentales y de información epidemiológica, por tanto, es por todos conocida la asociación simple con estas patologías, pero como se señaló, **el riesgo se asocia con un determinado agente, la dosis, el tiempo de exposición y los factores propios de la población, por lo cual es necesario considerar:**

- La posibilidad de exposición humana en el sitio evaluado con efectos en salud que puedan ocurrir bajo las condiciones del lugar
- Estimar la exposición: historia, antecedentes, duración, frecuencia, fluctuaciones, biodisponibilidad; y elaborar fórmula *ad hoc* para calcular la exposición total a través de todas las vías de exposición
- Determinar posibles efectos en salud asociados a la exposición calculada: la mejor información toxicológica y médica disponible
- De los metales presentes en las aguas de río analizadas en esta ocasión, según la IARC/OMS cuatro de ellos son comprobados carcinógenos en humanos, que están dentro del Grupo 1 de dicho organismo (arsénico, cadmio, cromo hexavalente y níquel) y otros dos –plomo y antimonio- están clasificados por dicha agencia de la OMS como posibles carcinógenos para humanos (Grupo 2B de IARC).
- De los cuatro metales carcinogénicos, **solo el arsénico produce cáncer al ingresar al cuerpo humano por la vía digestiva**, mediante el consumo de agua. Los tres restantes son carcinogénicos mediante la exposición por la vía respiratoria, tienen que ser inhalados y en general su impacto adverso se da más frecuentemente en ambientes laborales por exposición ocupacional.
- Para desarrollar cáncer, la exposición humana a metales tiene que ser muy prolongada, del orden de 15 a 30 años según sea el carcinógeno. Igualmente, los efectos crónicos no carcinogénicos de los metales se desarrollan después de largos periodos de exposición.

Dra. Laura Börgel A. y Compañía Limitada

[asesorias@toxicologia.org](mailto:asesorias@toxicologia.org) – [dra.borgel@toxicologia.org](mailto:dra.borgel@toxicologia.org)

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478

- El único metal en esta evaluación que en lo relativo a cáncer interesa es el arsénico presente en las aguas de los ríos, en las cuales se presenta en concentraciones que están dentro de los cánones epidemiológicos que se catalogan como de **riesgo moderado** (entre 0,050 y 0,150 mg/L).
- El riesgo local en la cuenca del Maipo de desarrollar cáncer por los niveles de arsénico identificados en las aguas es muy remoto, y esto debido a dos razones: la **población local excepcionalmente usará el agua cruda de los ríos para bebida** y porque es altamente improbable que estas excepciones se estén dando durante **lapsos de 20 a 30 años para una misma persona**.
- Además, las remotas exposiciones peligrosas al arsénico vía ingestión no se darían todo el año, sino que solo durante el periodo de aumento de caudales y de concentraciones de los metales, o sea, entre **octubre y marzo**. **Los promedios de concentraciones mínimas de arsénico en los ríos entre 1990 y 2015 (los tres periodos analizados) en su mayoría están en 0,005 mg/L y menos (12/18) y casi la totalidad en 10 mg/L y menos (15/18)**; el resto está entre 12 y 15 mg/L. Es llamativo que entre abril y septiembre los niveles máximos de arsénico en las aguas de los ríos estén dentro de la norma chilena de arsénico en agua potable y de la recomendación de la OMS.

## INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN LOS DOS INFORMES DE DR. TCHERNITCHIN (ESTUDIOS DE CESMA) Y LOS RESULTADOS DE MUESTREO DE SGS REPRESENTATIVO DE LAS MISMAS ÁREAS

En consideración a los resultados efectuados en el laboratorio CESMA para el analito arsénico y las concentraciones obtenidas por dos métodos, ICP y Absorción Atómica, se comparan con los resultados de SGS para establecer niveles de riesgo en el agua.

- **Espectroscopía por Absorción Atómica:** Método por excelencia para arsénico, Método 3114 B: Espectrofotometría de absorción atómica (AA) por generación de hidruros. Este método es aplicable para la determinación de arsénico y selenio por conversión de hidruros mediante la reacción con borohidruros de sodio, los cuales son aspirados en un atomizador de absorción atómica. Esta técnica es altamente específica, con límites de detección de 0,0005 mg/L y de cuantificación de 0,0018 mg/L.
- **ICP/EOS:** La introducción continua de la muestra líquida y un sistema de nebulización forma un aerosol que es transportado por el argón a la antorcha del plasma, acoplado inductivamente por radio frecuencia. En el plasma, debido a las altas temperaturas generadas, los analitos son atomizados e ionizados generándose los espectros de emisión atómicos de líneas características. Los espectros son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz se encarga de medir las intensidades de las líneas. La información es procesada por el sistema informático. Esta técnica posee límites de detección de 0,015 mg/L y de cuantificación de 0,050 mg/L.

Por tanto, los valores obtenidos por CESMA con ICP/EOS siempre serán más altos que los por absorción atómica, dado que esa técnica analítica es menos sensible que la de absorción atómica.

Atendiendo a la prioridad que adquiere el arsénico por ser carcinógeno, se analizan sus concentraciones en cuatro puntos cuyas aguas fueron analizadas en dos ocasiones por distintos laboratorios, identificados como TCH/CENMA (noviembre 2015) y SGS (enero 2016).

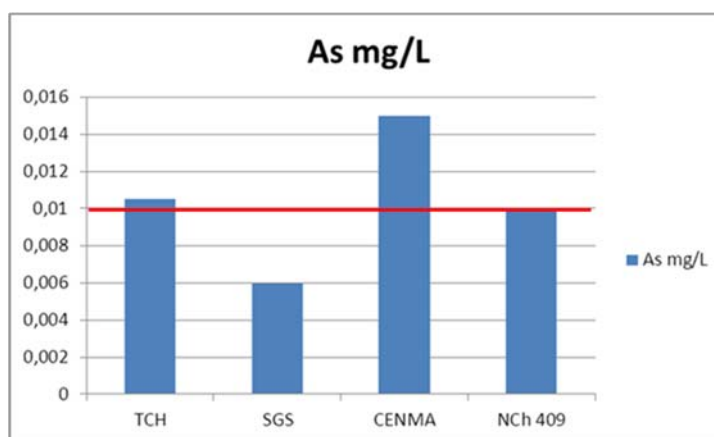
Se presentan las tablas y gráficos con los datos para arsénico de ambas técnicas del informe del Dr. Tchernitchin del 24 noviembre de 2015, y se comparan con los resultados del muestreo SGS del 28 y 29 de enero de 2016. Si bien las fechas son distintas, ambos muestreos son representativos del periodo octubre 2015-marzo 2016.

**Punto de muestreo 01**

**SECTOR Muestra Alto Volcán C. Morado Ventana 1 sector charco laguna (As) tipo muestra agua natural**

Tabla 5.02. – Figura 5.01. **Agua recreacional (no apta para consumo humano)**

	As mg/L
TCH/CENMA Espectroscopía por absorción atómica	0,0105
SGS	0,006
TCH/CENMA ICP/OES	<0,015
NCh 409	0,01



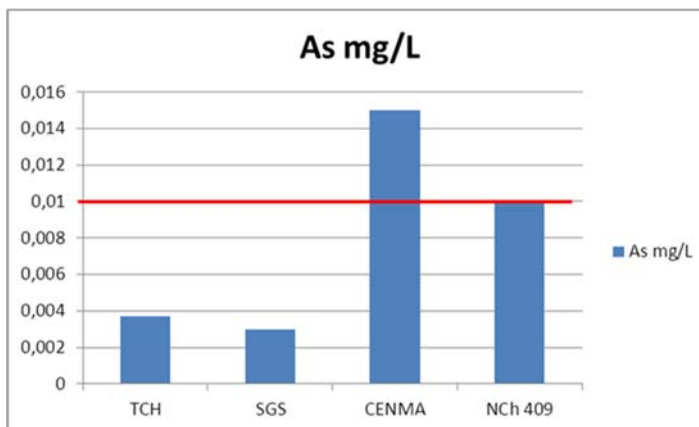


**Punto de muestreo 02**

**SECTOR Los Maitenes Cerro Colorado, Canal Aucayes (As) tipo muestra agua natural**

Tabla 5.03. – Figura 5.02. **Agua de canal de riego (no apta para consumo humano)**

	As mg/L
TCH/CENMA Espectroscopía por absorción atómica	0,0037
SGS	0,003
TCH/CENMA ICP/OES	<0,015
NCh 409	0,01

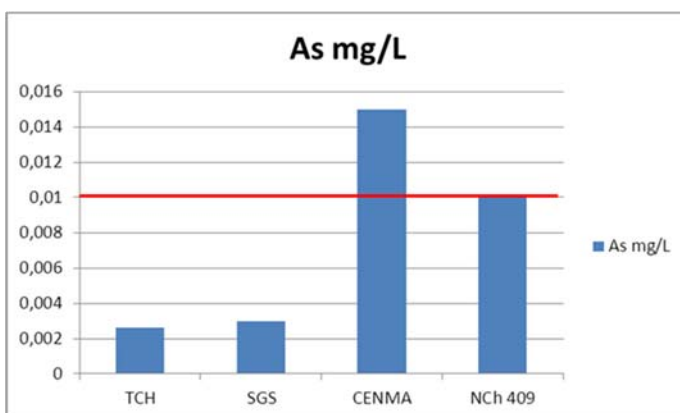


**Punto de muestreo 03**

**SECTOR Los Maitenes Cerro Colorado, Centro Recreacional Carabineros (Metales totales) tipo muestra agua natural**

Tabla 5.04. – Figura 5.03. **Agua de llave (para riego origen vertiente), no es para consumo humano)**

	As mg/L
TCH/CENMA Espectroscopía por absorción atómica	0,0026
SGS	0,003
TCH/CENMA ICP/OES	<0,015
NCh 409	0,01

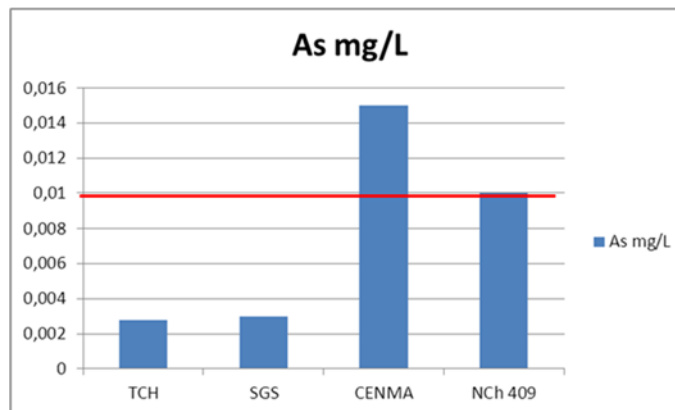


**Punto de muestreo 04**

**SECTOR El Manzano, Comunidad Lomas del Maipo (Metales totales) tipo muestra agua consumo humano**

Tabla 5.05. – Figura 5.04. **Agua de pozo (consumo humano)**

	As mg/L
TCH/CENMA Espectroscopía por absorción atómica	0,0028
SGS	0,003
TCH/CENMA ICP/OES	<0,015
NCh 409	0,01



Prácticamente todas las mediciones cumplen con la norma nacional vigente de As para agua potable, a pesar que de los 4 casos solo 1 tiene el carácter de agua apta para consumo humano y los 3 restantes son aguas crudas, el As fue cuantificado por 2 laboratorios distintos (SGS y CENMA) por absorción atómica y sus resultados son comparables, lo cual no es para la técnica ICP/OES. Además, en el primer punto de medición, que corresponde al humedal de ciclo corto y se trata de agua cruda, hay una diferencia notoria entre los dos laboratorios, en sus resultados para este contaminante, no así el resto de las muestras en que son prácticamente similares (ver capítulo 2).

Estos resultados ponen a estas concentraciones de arsénico en las aguas crudas de estos lugares -ante eventual consumo humano-, en niveles de **riesgo potencial muy bajos o nulos para fines de efectos no carcinogénicos del metal como son las lesiones de la piel y la hipertensión arterial**, los que recién aparecen con exposiciones prolongadas por sobre los 0,05 mg/L. El riesgo de cáncer existe

incluso a nivel del valor de la norma y también a valores inferiores, pero con una incidencia poblacional muy baja, comparada con la estadística nacional.

### En Resumen

- El arsénico es una de las 10 sustancias (químicas) que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. Los esfuerzos de la Organización por reducir la exposición al arsénico incluyen el establecimiento de valores guía, el examen de los datos científicos disponibles y la formulación de recomendaciones para la gestión de los riesgos. La OMS ha definido un valor guía de 0,01 mg/L (10 µg/L) en agua, que corresponde al mismo valor referenciado por la NCh 409
- La finalidad de la OMS con sus *Guías para la calidad del agua potable* es servir en el mundo entero de base para las tareas de reglamentación y normalización en esta esfera. Señala que cuando hay problemas para adoptar el valor guía, los Estados Miembros pueden establecer límites más elevados teniendo en cuenta las circunstancias locales, los recursos disponibles y los riesgos asociados a fuentes con bajos niveles de arsénico contaminadas microbiológicamente.
- La determinación de arsénico por CENMA se efectuó mediante 2 métodos, siendo el más específico el de absorción atómica, y sus niveles de detección y cuantificación cumplen los requerimientos analíticos de la NCh 409.
- Esta información de relevancia no fue analizada científicamente y no se efectuó control de calidad de parte del receptor de la información, Dr Tchernitchin, quien utilizó datos confudentes tanto para el informe del Concejo Municipal como para el de los medios de comunicación.
- Los valores de SGS y los de CENMA por absorción atómica son comparables entre sí para estas muestras aisladas.

- Por otro lado, los valores de arsénico se encuentran bajo la norma de OMS y de la NCh 409, a excepción del punto 1, en lo que corresponde a aguas recreacionales.
- Con estos valores de arsénico en agua, el riesgo asociado de cáncer es bajo, con incidencia poblacional baja y comparable con los niveles nacionales; además, el riesgo de efectos adversos no carcinogénicos es prácticamente nulo.

### **Fuentes de Información:**

- 5.1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. Toxicological Profiles: Arsenic. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health. Visitado el 02 de marzo de 2016, disponible online: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=22&tid=3>
- 5.2. División de Normas del Instituto Nacional de Normalización. 2005. Norma Chilena 409/1.Of2005: Agua potable – Parte 1: Requisitos. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Gobierno de Chile
- 5.3. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2008. Decreto 143: Normas De Calidad Primaria Para Las Aguas Continentales Superficiales Aptas Para Actividades De Recreación Con Contacto Directo. Gobierno de Chile
- 5.4. World Health Organization. 2008. Guidelines for Drinking Water Quality: incorporating 1st and 2nd addenda, Vol. 1. Recommendations. 3rd edition. Genève, Switzerland.
- 5.5. World Health Organization. 2012. Fact Sheet N° 372: Arsenic. Visitado el 02 de marzo de 2016, disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/en/>

# ANEXO 1

REVISION Y VALIDACION DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO  
CENMA, PRESENTADOS EN INFORME DE Dr. TCHERNITCHIN

## REVISION Y VALIDACION DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO CENMA, PRESENTADOS EN INFORME DE Dr. TCHERNITCHIN

Para efectuar la presente revisión de datos, metodologías y procedimientos de muestreo deben considerarse los datos regulatorios vigentes para distintos tipos de uso de agua, datos internacionales de OM y ATSDR (CDC Atlanta), que a continuación se detallan

Valores de referencia de metales para calidad de agua presentes en diferentes normas nacionales e Internacionales.

Referencia	Cd mg/L	Zn mg/L	Cr mg/L	As mg/L	Cu mg/L	Ni mg/L	Pb mg/L	Al mg/L	Se mg/L	Mn mg/L	Ag mg/L	V mg/L	Ba mg/L	Co mg/L	Mo mg/L	Be mg/L	B mg/L	Fe mg/L
OMS (calidad del agua potable) (a)	0,003	3	0,05	0,01	2	0,07	0,01	0,2	0,01	0,4	0,1		0,7		0,07		0,5	0,3
NCh 409 (agua potable) (b)	0,01	3	0,05	0,01	2		0,05		0,01	0,1								0,3
D.S. N° 143, de 2008 (uso recreacional) (c)	0,033		0,55	0,11			0,11											
NCh 1333 Of 78 (calidad de agua para diferentes usos) (d)	0,010	2	0,10	0,10	0,20	0,20	5	5	0,020	0,20	0,20	0,10	4	0,050	0,010	0,10	0,75	5
Decreto 90 (contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales) (e)	0,01	3	0,05**	0,5	1	0,2	0,05	5	0,01	0,3					1		0,75	5
ATSDR	0,005 (f)	5(g)	0,1(h)	0,018 (i)	1,38(j)	0,1(k)	0,015 (l)	0,05-0,2(m)	0,05(n)	0,38(ñ)	0,05(o)	0,0000 4-0,22 (p)	2(q)	0,001-0,002 (r)		0,004 (s)	1 (t)	

\*\* como cromo hexavalente; a) OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2006. p. 136, 159, 249, 250, 252, 255, 270, 271, 310, 312, 315, 318, 325, 329, 342-344, 362, 394. ;b) Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Agua potable, Parte 1- Requisitos. p.4, 5;c) D.S. N° 143. Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.2008. p. 89, 90.;d) Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, Modificada en 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. p. 4;e) Decreto 90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. 2001. p. 5, 6.f) ATSDR. Toxicological Profile for Cadmium. 2012. p. 8.g) ATSDR. Toxicological Profile for Zinc. 2005. p. 8; h) ATSDR. Toxicological Profile for Chromium. 2012. p. 7.i) ATSDR. Toxicological Profile for Arsenic. 2007. p. 10.j) ATSDR. Toxicological Profile for Copper. 2004. p. 4; k) ATSDR. Toxicological Profile for Nickel. 2005. p. 9; l) ATSDR. Toxicological Profile for Lead. 2007. p. 16; m) ATSDR. Toxicological Profile for Aluminum. 2008. p. 8.n) ATSDR. Toxicological Profile for Selenium. 2003. p. 10.ñ) ATSDR. Toxicological Profile for Manganese. 2012. p. 9.o) ATSDR. Toxicological Profile for Silver. 1990. p. 5; p) ATSDR. Toxicological Profile for Vanadium. 2012. p. 4.q) ATSDR. Toxicological Profile for Barium. 2007. p. 7.r) ATSDR. Toxicological Profile for Cobalt. 2004. p. 7.s) ATSDR. Toxicological Profile for Beryllium. 2002. p. 10.;t) ATSDR. Toxicological Profile for Boron. 2010. p. 7

Los datos del decreto 90 provienen del LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales

De acuerdo con los datos referenciados por Dr Tchernitchin en su informe sobre análisis de metales , para los muestreos de agua de diversos usos, efectuado con fecha 24 de noviembre 2015 y analizados por CENMA; este Centro de investigación aplico el Método 4120: SEGMENTOS DE FLUJO CONTINUO es un sistema rudimentario que contiene cuatro componentes básicos: un dispositivo de muestreo, un dispositivo de transporte de líquido tal como una bomba peristáltica, el cartucho de análisis donde la química se lleva a cabo, y el detector para cuantificar el analito (espectrofotómetro, espectroscopia plasma, fotómetros, electrodos selectivos de iones) lo que se ajusta a una metodología estandarizada y que para la cuantificación utilizo un equipo ICP/OES

Los diversos métodos analíticos son

- ICP/OES
- Espectroscopía de absorción atómica

#### I. Resultados entregados por CENMA

Tabla 1. Resultados entregados por CENMA.

Determinación de Metales totales y Metales solubles en aguas. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código Interno ILQAL-0019). Standard Methods 22th. Método 4120														
Muestra	Contiene	Lugar	Concentración (mg/L)											
			Cd		Zn		Cr		As		Cu		Ni	
			Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles
CMA-259	Agua	Alto Volcán C. Morado	0,002	0,001	0,072	0,030	<0,006	0,015	<0,015	<0,015	0,025	0,024	<0,032	<0,032
CMA-260	Agua	Alto Volcán C. Morado	0,003	0,001	0,104	0,059	<0,006	0,008	<0,015	<0,015	0,037	0,031	<0,032	<0,032
CMA-261	Agua	Los Maitenes C. Colorado	0,001	<0,001	0,031	0,018	<0,006	<0,006	<0,015	<0,015	<0,005	0,009	<0,032	<0,032
CMA-262	Agua llave	Los Maitenes C. Colorado	<0,001	<0,001	0,036	0,015	<0,006	<0,006	<0,015	<0,015	0,006	0,029	0,092	<0,032
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	<0,001	<0,001	0,127	0,102	<0,006	<0,006	<0,015	<0,015	0,027	0,001	<0,032	<0,032
Límite de detección			0,001		0,009		0,006		0,015		0,005		0,032	
Límite de cuantificación			0,004		0,030		0,019		0,050		0,017		0,107	
Fecha de análisis			07.12.2015 – 05.01.2016											
Referencia			Cd mg/L		Zn mg/L		Cr mg/L		As mg/L		Cu mg/L		Ni mg/L	
OMS(a)			0,003		3		0,05		0,01		2		0,07	
NCh 409(b)			0,01		3		0,05		0,01		2			
D.S. N° 143, de 2008 (c)			0,033				0,55		0,11					
NCh 1333 Of 78 (d)			0,010		2		0,10		0,10		0,20		0,20	
Decreto 90 (e)			0,01		3		0,05**		0,5		1		0,2	
ATSDR			0,005(f)		5(g)		0,1(h)		0,01(i)		1,3(j)		0,1(k)	

\*\*como cromo hexavalente

a) OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2006. p. 136, 159, 249, 250, 252, 255, 270, 271, 310, 312, 315, 318, 325, 329, 342-344, 362, 394. ;b) Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Agua potable, Parte 1- Requisitos. p.4, 5;c) D.S. N° 143. Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.2008. p. 89, 90.;d) Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, Modificada en 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. p. 4;e) Decreto 90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. 2001. p. 5, 6.f) ATSDR. Toxicological Profile for Cadmium. 2012. p. 8. G) ATSDR. Toxicological Profile for Zinc. 2005. p. 8;h)ATSDR. Toxicological Profile for Chromium. 2012. p. 7.;i)ATSDR. Toxicological Profile for Arsenic. 2007. p. 10.;j)ATSDR. Toxicological Profile for Copper. 2004. p. 4;k)ATSDR. Toxicological Profile for Nickel. 2005. p. 9



REVISION Y VALIDACION DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO  
CENMA, PRESENTADOS EN INFORME DE Dr. TCHERNITCHIN



Determinación de Metales totales y Metales solubles en aguas. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código Interno ILQAL-0019). Standard Methods 22th. Método 4120

Muestra	Contiene	Lugar	Concentración (mg/L)											
			Pb		Al		Se		Mn		Ag		V	
			Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles
CMA-259	Agua	Alto Volcán C. Morado	0,008	0,012	13,220	4,935	<0,010	<0,010	0,289	0,242	<0,001	<0,001	0,054	0,028
CMA-260	Agua	Alto Volcán C. Morado	0,027	0,020	13,570	3,299	<0,010	<0,010	0,245	0,235	<0,001	<0,001	0,043	0,009
CMA-261	Agua	Los Maitenes C. Colorado	<0,008	0,013	7,987	3,671	<0,010	<0,010	0,340	0,312	<0,001	<0,001	0,020	0,005
CMA-262	Agua llave	Los Maitenes C. Colorado	<0,008	<0,008	1,637	0,791	<0,010	<0,010	0,031	0,068	<0,001	<0,001	0,003	0,001
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	<0,008	<0,008	0,084	0,015	<0,010	<0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,004
Límite de detección			0,008		0,026		0,010		0,001		0,001		0,001	
Límite de cuantificación			0,0267		0,087		0,033		0,002		0,002		0,004	
Fecha de análisis			07.12.2015 – 05.01.2016											
Referencia			Pb mg/L		Al mg/L		Se mg/L		Mn mg/L		Ag mg/L		V mg/L	
OMS (a)			0,01		0,2		0,01		0,4		0,1			
NCh 409(b)			0,05				0,01		0,1					
D.S. N° 143, de 2008 (c)			0,11											
NCh 1333 Of 78(d)			5		5		0,020		0,20		0,20		0,10	
Decreto 90(e)			0,05		5		0,01		0,3					
ATSDR			0,015(l)		0,05-0,2 (m)		0,05 (n)		0,3(o)		0,05(p)		0,00004-0,22(q)	

a)OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2006. p. 136, 159, 249, 250, 252, 255, 270, 271, 310, 312, 315, 318, 325, 329, 342-344, 362, 394.

b)Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Agua potable, Parte 1- Requisitos. p.4, 5;c)D.S. N° 143. Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.2008. p. 89, 90.;d)Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, Modificada en 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. p. 4;e)Decreto 90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. 2001. p. 5, 6.l)ATSDR. Toxicological Profile for Lead. 2007. p. 16;m)ATSDR. Toxicological Profile for Aluminum. 2008. p. 8.;n)ATSDR. Toxicological Profile for Selenium. 2003. p. 10.;ñ)ATSDR. Toxicological Profile for Manganese. 2012. p. 9.;o)ATSDR. Toxicological Profile for Silver. 1990. p. 5;p)ATSDR. Toxicological Profile for Vanadium. 2012. p. 4

REVISION Y VALIDACION DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO  
CENMA, PRESENTADOS EN INFORME DE Dr. TCHERNITCHIN



Determinación de Metales totales y Metales solubles en aguas. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código Interno ILQAL-0019). Standard Methods 22th. Método 4120

Muestra	Contiene	Lugar	Concentración (mg/L)											
			Ba		Co		Mo		Be		B		Fe	
			Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles	Totales	Solubles
CMA-259	Agua	Alto Volcán Morado C.	0,045	0,033	0,008	0,005	0,012	0,009	<0,0003	<0,0003	<0,104	<0,104	18,010	10,820
CMA-260	Agua	Alto Volcán Morado C.	0,048	0,027	0,006	0,004	0,003	0,002	<0,0003	<0,0003	<0,104	<0,104	16,310	4,717
CMA-261	Agua	Los Maitenes C. Colorado	0,056	0,042	0,003	0,002	<0,001	0,003	<0,0003	<0,0003	<0,104	<0,104	8,702	3,512
CMA-262	Agua llave	Los Maitenes C. Colorado	0,017	0,013	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,0003	<0,0003	<0,104	<0,104	0,926	0,834
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	0,018	0,018	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0003	<0,0003	<0,104	<0,104	<0,100	<0,100
Límite de detección			0,001		0,001		0,001		0,0003		0,104		0,100	
Límite de cuantificación			0,002		0,002		0,002		0,0010		0,347		0,333	
Fecha de análisis			07.12.2015 – 05.01.2016											
Referencia			Ba mg/L		Co mg/L		Mo mg/L		Be mg/L		B mg/L		Fe mg/L	
OMS (a)			0,7				0,07				0,5		0,3	
Nch 409(b)													0,3	
D.S. N° 143, de 2008 (c)			0,11											
NCh 1333 Of 78(d)			4		0,050		0,010		0,10		0,75		5	
Decreto 90(e)							1				0,75		5	
ATSDR			2(q)		0,001-0,002(r)				0,004(s)		1 (t)			

a)OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2006. p. 136, 159, 249, 250, 252, 255, 270, 271, 310, 312, 315, 318, 325, 329, 342-344, 362, 394.

b)Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Agua potable, Parte 1- Requisitos. p.4, 5;c)D.S. N° 143. Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.2008. p. 89, 90.;d)Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, Modificada en 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. p. 4;e)Decreto 90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. 2001. p. 5, 6. q)ATSDR. Toxicological Profile for Barium. 2007. p. 7.;r)ATSDR. Toxicological Profile for Cobalt. 2004. p. 7.;s)ATSDR. Toxicological Profile for Beryllium. 2002. p. 10.;t)ATSDR. Toxicological Profile for Boron. 2010. p. 7

Determinación de Metales totales y Metales solubles en aguas. Método por ICP/OES para barrido de metales totales. (Código Interno ILQAL-0019). Standard Methods 22th. **Método 4120**

Muestra	Contiene	Lugar	Concentración (mg/L)	
			Sb	
			Totales	Totales
CMA-259	Agua	Alto Volcán C. Morado	<0,012	<0,012
CMA-260	Agua	Alto Volcán C. Morado	<0,012	<0,012
CMA-261	Agua	Los Maitenes C. Colorado	<0,012	<0,012
CMA-262	Agua llave	Los Maitenes C. Colorado	<0,012	<0,012
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	<0,012	<0,012
Límite de detección			0,012	
Límite de cuantificación			0,040	
Fecha de análisis			07.12.2015 – 05.01.2016	
Referencia			Sb mg/L	
OMS (a)			0,02	
Nch 409(b)				
D.S. N° 143, de 2008 (c)			0,11	
NCh 1333 Of 78(d)			4	
Decreto 90(e)				
ATSDR			2(q)	

a)OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2006. p. 136, 159, 249, 250, 252, 255, 270, 271, 310, 312, 315, 318, 325, 329, 342-344, 362, 394.

**Conclusiones del análisis de la tabla1, donde se muestran los resultados de metales en agua efectuados por CENMA, para los estudios de muestras aisladas de agua de diversos usos muestreadas por Dr Tchernitchin con fecha 24 de noviembre 2015**

- Respecto al **ARSÉNICO** la metodología empleada por el CENMA Standard Methods 22th. Método 4120 aplicaría sólo para aguas recreacionales y de riego, dado que el límite de detección de CENMA es de 0,015 mg/L, el cual es mayor al límite máximo de 0,01 mg/L requerido por OMS, NCH 409 y ATSDR (agua potable)
- Respecto al **NÍQUEL**, la metodología empleada por el CENMA no aplicaría para OMS ya que su límite de cuantificación es de 0.107 mg/L, el cual está por sobre el límite máximo propuesto por OMS de 0,07 mg/L para agua potable.
- Respecto al **SELENIO** la metodología empleada por el CENMA no aplica, ya que el límite de detección es de 0,015 mg/L y el límite de cuantificación 0,033 mg/L, los cuales se encuentra sobre los valores propuestos (0,01 mg/L) por OMS, NCh 409 (agua potable), y decreto 90, ni para los límites de la Nch 1333 (calidad de agua para diferentes usos de 0,020 mg/L)
- Respecto al **HIERRO** la metodología empleada por el CENMA no aplica para Nch 409, ya que el límite de cuantificación para Hierro de este laboratorio es 0,333 mg/L y la norma presenta para Hierro un límite máximo de 0,3 mg/L; el valor regulatorio no puede ser comparable ya que es menor al límite de cuantificación presentado por el CENMA.
- Respecto al **ANTIMONIO** la metodología empleada por el CENMA no aplicaría para OMS, ya que el límite de cuantificación para antimonio es 0,04 mg/L y la norma presenta para antimonio un límite máximo de 0,02 mg/L.

## II. METODOS ANALITICOS

### Los diversos métodos analíticos aplicados por CENMA son

- **ICP/OES:** El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) es una fuente de ionización que junto a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) constituye el equipo de ICP-OES. En esta técnica, la introducción continua de la muestra líquida y un sistema de nebulización forma un aerosol que es transportado por el Argón a la antorcha del plasma, acoplado inductivamente por radio frecuencia. En el plasma, debido a las altas temperaturas generadas, los analitos son atomizados e ionizados generándose los espectros de Emisión atómicos de líneas características. Los espectros son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz se encarga de medir las intensidades de las líneas. La información es procesada por el sistema informático.
- **Espectroscopía de absorción atómica:** Es un método instrumental que está basado en la atomización del analito en matriz líquida y que utiliza comúnmente un nebulizador pre-quemador (o cámara de nebulización) para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura que da una llama con una longitud de trayecto más larga, en caso de que la transmisión de energía inicial al analito sea por el método "de llama". La niebla atómica es desolvatada y expuesta a una energía a una determinada longitud de onda emitida ya sea por la dicha llama, ó una Lámpara de Cátodo hueco construida con el mismo analito a determinar o una Lámpara de Descarga de Electrones (EDL). La temperatura de la llama es lo bastante baja para que la llama de por sí no excite los átomos de la muestra de su estado fundamental. El nebulizador y la llama se usan para desolvatar y atomizar la muestra, pero la excitación de los átomos del analito se hace por el uso de lámparas que brillan a través de la llama a diversas longitudes de onda para cada tipo de analito.

En AA la cantidad de luz absorbida después de pasar a través de la llama determina la cantidad de analito existente en la muestra. Hoy día se utiliza frecuentemente horno de grafito para calentar la muestra a fin de desolvatarla y atomizarla, aumentando la sensibilidad.

El método del horno de grafito puede también analizar algunas muestras sólidas o semisólidas. Debido a su buena sensibilidad y selectividad, sigue siendo un método de análisis comúnmente usado para ciertos elementos traza en muestras acuosas.

- **Capacidad de detección analítica de sustancias inorgánicas para las que se han establecido valores de referencia, por tipo de fuente (OMS GUIA CALIDAD DE AGUA POTABLE, primer apéndice a la tercera edición Volumen 1 Recomendaciones, PAG 136)**

	Métodos de campo			Métodos de laboratorio			
	Col.	Abs.	IC	FAAS	EAAS	ICP	ICP/MS
<b>Sustancias químicas de origen natural</b>							
Arsénico		#		+(H)	++ <sup>1</sup> +++(H)	++(H)	+++
Bario				+	+++	+++	+++
Boro		++				++	+++
Cromo		#		+	+++	+++	+++
Fluoruro	#	+	++				
Manganeso	+	++		++	+++	+++	+++
Molibdeno					+	+++	+++
Selenio		#		#	+++ <sup>1</sup> (H)	++(H)	+
Uranio						+	+++
<b>Sustancias químicas de fuentes industriales y núcleos habitados</b>							
Cadmio		#			++	++	+++
Cianuro	#	+	+				
Mercurio					+		
<b>Sustancias químicas de actividades agropecuarias</b>							
Nitrato/nitrito	+++	+++	#				
<b>Sustancias químicas usadas en el tratamiento del agua de consumo o materiales en contacto con el agua</b>							
Antimonio				#	++(H)	++(H)	+++
Cobre	#	+++		+++	+++	+++	+++
Plomo		#			+	+	++
Níquel		+		#	+	+++	++

Método Colorimetría (Col)

Método Absorciometría

Cromatografía iónica (IC)

Espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS, del inglés «flame atomic absorption spectrometry»)

Espectrometría de absorción atómica electrotrémica (EAAS, del inglés «electrothermal atomic absorption spectrometry»)

Espectrometría de emisión atómica con fuente de plasma acoplado por inducción (ICP/AES, del inglés «inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry»)

Espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado por inducción (ICP/MS, del inglés «inductively coupled plasma/ mass spectrometry»)

+ El límite de detección está entre el valor de referencia y 1/10 de dicho valor.

++ El límite de detección está entre 1/10 y 1/50 del valor de referencia.

+++ El límite de detección es menor que 1/100 del valor de referencia.

# El método analítico puede utilizarse para medir la concentración del valor de referencia, pero es difícil detectar una concentración de 1/10 del valor de referencia.

<sup>1</sup> El método de detección puede utilizarse para la sustancia.

(H) Este método puede aplicarse a la determinación de los analitos mediante su conversión a hidruros por un generador de hidruros.

**Por otra parte CENMA aplica un segundo método de cuantificación, ABSORCION ATOMICA, para As y Se, que son los métodos por excelencia para estos análisis**  
**Método 3114 B: Espectrofotometría de absorción atómica (AA) por generación de hidruros. Este método es aplicable para la determinación de arsénico y selenio por conversión de hidruros mediante la reacción con borohidruros de sodio los cuales son aspirados en un atomizador de absorción atómica.** (v) American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1999. P 3-28.)

Determinación de Arsénico por Espectroscopia de Absorción Atómica en muestras líquida basado en USEPA, Method 3114 B(W)(v)			
Muestra	Contiene	Lugar	Concentración (mg/L)
			As
CMA-259	Agua	Alto Volcán C.Morado	0,0045
CMA-260	Agua	Alto Volcán C. Morado	0,0105
CMA-261	Agua	Los maitenes C.Colorado	0,0037
CMA-262	Agua llave	Los maitenes C.Colorado	0,0026
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	0,0028
Límite de detección			0,0005
Límite de cuantificación			0,0018
Fecha de análisis			04.12.2015
Referencia			As mg/L
OMS(a)			0,01
NCh 409(b)			0,01
D.S. N° 143, de 2008(c)			0,11
NCh 1333 Of 78(d)			0,10
Decreto 90(e)			0,5
ATSDR(i)			0,01

a)OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2006. p. 136, 159, 249, 250, 252, 255, 270, 271, 310, 312, 315, 318, 325, 329, 342-344, 362, 394. ;b)Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Agua potable, Parte 1- Requisitos. p.4, 5;c)D.S. N° 143. Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.2008. p. 89, 90.;d)Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, Modificada en 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. p. 4;e)Decreto 90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. 2001. p. 5, 6.;i)ATSDR. Toxicological Profile for Arsenic. 2007. p. 10 w)Dr. Andrei N. Tchernitchin. Informe Aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo., presentado por el Dr. Andrei N. Tchernitchin al Consejo Municipal. 2016. p. 1, 2, 10-16.

De acuerdo con estos resultados, los estudios de CENMA, son válidos para la cuantificación de As en muestras de agua basado en su sensibilidad del método fundamentado en su límite de cuantificación y de detección. Además de utilizar el método más adecuada para este análisis.

Destaca que existiendo estos datos, para efecto de la información a los medios de comunicación el Dr Tchernitchin, no cuestione los resultados analíticos presentados para As por parte de CENMA y simplemente utiliza la información sin mayor análisis y la contrasta los resultados para muestras crudas (no uso potable) con la Norma Chilena 409 y de OMS. En un caso además a modo de ejemplo tienen altas variaciones en Arsénico, como es el caso de la muestra de agua de la llave en el recinto recreacional de carabineros, que por un método informa < 0,015 versus 0,0026, existiendo para la misma muestras resultados con una diferencia mayor a 5 veces y que por ende induce a un error de interpretación de la calidad de agua en este punto

Determinación de Selenio por Espectroscopia de Absorción Atómica en muestras líquida basado en USEPA, Method 3114 B(w)(v)			
Muestra	Contiene	Lugar	Concentración (mg/L)
			Se
CMA-259	Agua	Alto Volcán C.Morado	0,0066
CMA-260	Agua	Alto Volcán C. Morado	0,0073
CMA-261	Agua	Los maitenes C.Colorado	<0,0006
CMA-262	Agua llave	Los maitenes C.Colorado	<0,0006
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	<0,0006
Límite de detección			0,0006
Límite de cuantificación			0,0018
Fecha de análisis			11.12.2015
Referencia			Se mg/L
OMS(a)			0,01
NCh 409(b)			0,01
D.S. N° 143, de 2008(c)			
NCh 1333 Of 78(d)			0,020
Decreto 90(e)			0,01
ATSDR(n)			0,05

a)OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2006. p. 136, 159, 249, 250, 252, 255, 270, 271, 310, 312, 315, 318, 325, 329, 342-344, 362, 394. ;b)Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Agua potable, Parte 1- Requisitos. p.4, 5;c)D.S. N° 143. Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.2008. p. 89, 90.;d)Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, Modificada en 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. p. 4;e)Decreto 90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. 2001. p. 5, 6 n)ATSDR. Toxicological Profile for Selenium. 2003. p. 10.; w)Dr. Andrei N. Tchernitchin. Informe Aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo., presentado por el Dr. Andrei N. Tchernitchin al Consejo Municipal. 2016. p. 1, 2, 10-16(v) American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1999. p. 3-28

De acuerdo con estos resultados los estudios de CENMA, son válidos para la cuantificación de SELENIO en muestras de agua basado en su sensibilidad del método fundamentado en su límite de cuantificación y de detección. Además de utilizar el método más adecuado para este análisis.

Destaca que existiendo esta información, la información que el Dr Tchernitchin entrega a los medios de comunicación no incluya estos valores y los omita a pesar de que los anexa en los informes del CENMA. Por lo cual nuevamente sólo utiliza información que provoca alarma y falsa sensación de peligro.



Determinación de Mercurio por Espectroscopia de Absorción Atómica con vapor frío. (Código Interno ILQAL-0018)(v)(w)			
Muestra	Contiene	Lugar	Concentración (mg/L)
			Hg
CMA-259	Agua	Alto Volcán C.Morado	<0,00012
CMA-260	Agua	Alto Volcán C. Morado	<0,00012
CMA-261	Agua	Los maitenes C.Colorado	<0,00012
CMA-262	Agua llave	Los maitenes C.Colorado	<0,00012
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	<0,00012
Límite de detección			0,00012
Límite de cuantificación			0,0004
Fecha de análisis			15.12.2015
Referencia			Hg mg/L
OMS(a)			0,006
NCh 409(b)			0,001
D.S. N° 143, de 2008(c)			0,011
NCh 1333 Of 78(d)			0,001
Decreto 90(e)			0,001
ATSDR(u)			0,002

a)OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2006. p. 136, 159, 249, 250, 252, 255, 270, 271, 310, 312, 315, 318, 325, 329, 342-344, 362, 394. ;b)Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Agua potable, Parte 1- Requisitos. p.4, 5;c)D.S. N° 143. Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.2008. p. 89, 90.;d)Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, Modificada en 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. p. 4;e)Decreto 90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. 2001. p. 5, 6 u)ATSDR. Toxicological Profile for Mercury. 1999. p. 27 (v)American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1999. p. 3-19 w)Dr. Andrei N. Tchernitchin. Informe Aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo., presentado por el Dr. Andrei N. Tchernitchin al Consejo Municipal. 2016. p. 1, 2, 10-16

**Con respecto de la técnica de vapor frío es solamente aplicable a la determinación de mercurio ya que es el único elemento metálico que tiene una presión vapor apreciable a temperatura ambiente. Los resultados de Cenma cumplen con los requerimientos analíticos establecidos como límites máximos por OMS, NCh 409, DS 143 , NCh 1333, Decreto 90 y ATSDR.**

**Esta información no es utilizada por Dr Tchernitchin en su informe a los medios de comunicación**

## **II.- ANÁLISIS COMPARATIVOS DE LOS 2 INFORMES DEL DR. TCHERNITCHIN<sup>(w)(x)</sup>**

**Tabla 1. DATOS MEDICION METALES EN AGUA CUENCA DEL MAIPO Y ALTO MAIPO**

Muestra N°	Contiene	Lugar	Localización	GPS	GPS	m.s.n.m	Fecha	Hora
CMA-259	Agua	Alto Volcán C.Morado	Ventana 1 afloramiento	19H0405478	6259753	2397	215 11 24	12 40
CMA-260	Agua	Alto Volcán C. Morado	Ventana 1 charco laguna	19H0405605	6259587	2378	215 11 24	12 56
CMA-261	Agua	Los Maitenes C.Colorado	Canal Aucayes	19H0382562	6288455	1194	215 11 24	18 39
CMA-262	Agua llave	Los maitenes C.Colorado	C. recreacional carabineros	19H0382380	6288492	1193	215 11 24	18 39
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	Comunidad Lomas del Maipo	19H0371069	6283088	926	215 11 24	20:27

(w)Dr. Andrei N. Tchernitchin. Informe Aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo., presentado por el Dr. Andrei N. Tchernitchin al Consejo Municipal. 2016. p. 1, 2, 10-16.

(x)Dr. Andrei N. Tchernitchin. Informe Aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo., presentado por el Dr. Andrei N. Tchernitchin a los Medios de Comunicación. 2016. p. 1-3.

**Destacan los puntos de muestreo pero no anexa un protocolo de este con registros individuales, no especifica si aplica la Norma Chilena para muestreos 411 y 409 2, no presenta cadena de custodia, ni condiciones de traslado de muestras, ni cadena de frio requerida para dar valor final a los resultados que informara el laboratorio.**

**Otro aspecto no menor es que de acuerdo con su informe se hace responsable del muestreo, pero estas muestras ingresan a CENMA por un particular identificado como “Macarena Martínez Salt, con número de cliente 420; a pesar de que este laboratorio consta en su informe viñeta que señala que no se hace responsable por las condiciones de preservación de la muestra tomadas por el cliente.**

**III. INFORME PARA LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN (TABLAS 2 Y 3 SIN INFORME DE CENMA) E INFORMACIÓN DESTINADA AL CONCEJO MUNICIPAL, LA TABLA 3 QUE CORRESPONDE A INFORMACIÓN DE METALES SOLUBLES MÁS INFORME DE CENMA**

**Tabla 2. RESULTADOS MEDICION DE METALES En CUENCA DEL MAIPO Y ALTO MAIPO (Dr. TCHERNITCHIN)(x)**

**METALES TOTALES**

Muestras tomadas el 24 de Noviembre de 2015 Niveles bajos de Cr, Se, Ag, Be, B, Sb y Hg

Muestra Nº	Contiene	Lugar	Localización	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales
				As mg/L	Cd mg/L	Zn mg/L	Cu mg/L	Ni mg/L	Pb mg/L	Al mg/L	Mn mg/L	V mg/L	Ba mg/L	Co mg/L	Mo mg/L	Fe mg/L
CMA-259	Agua	Alto Volcán C.Morado	Ventana 1 afloramiento	0,0045	0,002	0,07	0,025	<0,032	0,008	13,220	0,289	0,054	0,045	0,008	0,012	18,010
CMA-260	Agua	Alto Volcán C. Morado	Ventana 1 charco laguna	0,0105	0,003	0,1	0,037	<0,032	0,027	13,570	0,245	0,043	0,048	0,006	0,003	16,310
CMA-261	Agua	Los Maitenes C.Colorado	Canal Aucayes	0,0037	0,001	0,03	<0,005	<0,032	<0,008	7,987	0,340	0,020	0,056	0,003	<0,001	8,702
CMA-262	Agua llave	Los Maitenes C.Colorado	C. recreacional carabineros	0,0026	<0,001	0,04	0,006	0,092	<0,008	1,637	0,031	0,003	0,017	<0,001	<0,001	0,926
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	Comunidad Lomas del Maipo	0,0028	<0,001	0,13	0,027	<0,032	<0,008	0,084	<0,001	0,003	0,018	<0,001	<0,001	<0,100
Límite de detección				0,0005	0,001	0,009	0,005	0,032	0,008	0,026	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,1
Límite de cuantificación				0,0018	0,004	0,03	0,017	0,107	0,0267	0,087	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,333
Mayor que Nch 409				0,01	0,01	3	2	n.a	0,05		0,1					0,3
Mayor que recomendación OMS					0,003			0,07	0,01						0,3	
Mayor que Nch 1333				0,1	0,01	0,2	0,2	0,02	5		2				0,75	5

(x) Dr. Andrei N. Tchernitchin. Informe Aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo., presentado por el Dr. Andrei N. Tchernitchin a los Medios de Comunicación. 2016. p. 1-3.

**Tabla 3. RESULTADOS MEDICION DE METALES SOLUBLES EN AGUAS CUENCA DEL MAIPO Y ALTO MAIPO (Dr. TCHERNITCHIN)(x)**

**METALES SOLUBLES**

Muestras tomadas el 24 de Noviembre de 2015 Nivles bajos de Ni, Se, Be, B, Sb, Hg

Muestra N°	Contiene	Lugar	Localización	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble
				Cd mg/L	Zn mg/L	Cr mg/L	Cu mg/L	Pb mg/L	Al mg/L	Mn mg/L	V mg/L	Ba mg/L	Co mg/L	Mo mg/L	Fe mg/L*
CMA-259	Agua	Alto Volcán C.Morado	Ventana 1 afloramiento	0,001	0,03	0,015	0,02	0,012	4,935	0,024	0,028	0,033	0,005	0,009	18,01
CMA-260	Agua	Alto Volcán C. Morado	Ventana 1 charco laguna	0,001	0,059	0,008	0,03	0,02	3,299	0,024	0,009	0,027	0,004	0,002	16,31
CMA-261	Agua	Los Maitenes C.Colorado	Canal Aucayes	<0,001	0,018	<0,006	0,01	0,013	3,671	0,31	0,005	0,042	0,002	0,003	8,702
CMA-262	Agua llave	Los Maitenes C.Colorado	C. recreacional carabineros	<0,001	0,015	<0,006	0,03	<0,008	0,791	0,07	0,001	0,013	<0,001	0,002	0,926
CMA-263	Agua pozo	El Manzano	Comunidad Lomas del Maipo	<0,001	0,102	<0,006	0	<0,008	0,015	<0,001	0,004	0,018	<0,001	<0,001	<0,100
Límite de detección				0,001	0,009	0,006	0,005	0,008	0,026	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,1
Límite de cuantificación				0,004	0,03	0,019	0,017	0,0267	0,087	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,333

(x) Dr. Andrei N. Tchernitchin. Informe Aguas del Cajón del Maipo y Alto Maipo., presentado por el Dr. Andrei N. Tchernitchin a los Medios de Comunicación. 2016. p. 1-3.

Del análisis de las 2 tablas antes señaladas se establece que estas difieren entre sí, existiendo una información destinada al Concejo Municipal, la tabla 3 que contiene información de METALES SOLUBLES más informe de CENMA y para los medios de comunicación solo tablas 2 y 3 sin informe de CENMA y del análisis de esta información se concluye en:

- a) Solo se entrega al concejo municipal la información de **la tabla 3 con informe de CENMA**; la tabla 2 no fue presentada en este informe para el consejo municipal. Por el contrario ambas **tablas 2 y 3 se entregaron a los medios de comunicación**, pero se omitió para estos el informe de CENMA
- b) Los valores de arsénico total tabla 2, corresponden al estudio del CENMA con el método 3114 B, y no considera tampoco los valores obtenidos por el CENMA con el método 4120 para As solubles y totales y no presenta una justificación de la omisión, no se efectúa un análisis científico que determine el no uso de esta información de CENMA
- c) En la tabla 2, al concejo municipal, no se consideran todos los elementos analizados por el CENMA, excluyendo los datos de Selenio, Plata, Berilio y Boro y en la tabla 3 omite Arsénico
- d) **Considerando las definiciones de metales totales** corresponden a la concentración de metales determinados de una muestra **no filtrada** después de una rigurosa digestión, o también, la suma de las concentraciones de metales en las fracciones solubles y suspendidas. **Los metales solubles** son aquellos metales presentes en una muestra no acidificada que pasan a través de un filtro de membrana de 0,45 µm. Para determinar metales solubles la **muestra se filtra inmediatamente** después de su recolección. No preservar con ácido hasta después de haberla filtrado. (SISS – Manual de Métodos de Ensayo para Agua Potable). **En la tabla 3 se detecta un error de registro, al presentar los valores de metales TOTALES para HIERRO en lugar de los valores SOLUBLES de este metal que es la temática de esta tabla. Por ende de este error, se puede interpretar que los valores así informados reflejan una ALTA CONCENTRACIÓN de este metal en el agua, siendo que en la realidad analítica de los resultados del CENMA están en valores inferiores a lo informado por Dr Tchernitchin al concejo municipal.**
- e) Existe una recolección de muestras únicas para distintos tipos de uso de aguas, de tal modo las muestras: CMA-259 (Alto Volcán C.Morado), CMA-260 (Alto Volcán C. Morado) y CMA-261 (Los Maitenes C.Colorado), **no pueden ser comparadas con la NCh 409 y OMS** ya que dichos documentos reflejan parámetros de **calidad de agua potable**, y dado que dichas muestras corresponde a **aguas superficiales (NO TRATADAS)** estos datos no pueden ser contrastadas contra datos regulatorios para uso humano.

- f) Otros errores detectados son en tabla 2 , en que la OMS recomienda valores límites para MOLIBDENO en agua potable de 0,07 mg/L y Dr Tchernitchin registra un valor de referencia regulatorio de 0,3 mg/L
- g) Además en la tabla 2, el límite máximo de zinc en agua de riego es 2 mg/L Según Nch 1333 y Dr Tchernitchin registra un valor regulatorio erróneo de 0,2 mg/L
- h) Para molibdeno en la en tabla 2 el límite máximo establecido por Nch 1333 es de 0,010 mg/L y Dr Tchernitchin registra un valor regulatorio erróneo de 0,75 mg/L

### En Resumen

- Los resultados del CENMA están validados bajo los criterios de EPA estandarizados, aplicando los métodos recomendados para los análisis de agua
- Sus niveles de detección y cuantificación para Hierro, Níquel, Selenio, y Antimonio aplican solo para determinadas Normas de Calidad de agua. Para el caso específico de la NCh 409 sus valores están sobre el límite máximos permitidos para agua de consumo humano
- Por otra parte para Arsénico y Selenio Cenma, presenta 2 métodos, siendo el segundo más específico y sus niveles de detección y cuantificación cumplen los requerimientos analíticos de la NCH 409 y otras en análisis
- Esta información de relevancia no es analizada científicamente y no se efectúa control de calidad de parte del receptor de la información, Dr Tchernitchin, utilizando datos confudentes tanto para el informe del Concejo Municipal como los medios de comunicación
- Referencia en más de 3 oportunidades datos erróneos de valores regulatorios de distintas Normas y datos de OMS, que inducen a una falsa percepción de riesgo
- Registra datos erróneos en tablas para concejo municipal de Hierro que inducen a una falsa percepción de riesgo
- Compara aguas naturales (crudas, no de uso potable) con la Norma de consumo de agua potable, lo que también induce a una falsa percepción de riesgo

**Dra Laura Börgel Aguilera**  
**RUT 7070948-1**

Prof. Dra Laura Börgel  
Medico toxicólogo  
Presidente Corporación RITA \_ CHILE 2012 actual  
Toxicología Forense Universidad de Chile  
Toxicología Forense Universidad Mayor  
Director Laboratorio Toxicología Servitox  
Directorio ALATOX 1999 actual  
Director Comité Ejecutivo IUTOX 2010 a 2013  
Delegado del CE de IUTOX para ICSU 2013 - actual  
Red de Seguridad Química GÍZ Alemania 2009  
Counselor International Medical Geological Association IMGA 2015 2017

# ANEXO 2

AUDITORIA DE MUESTREOS DE SGS Y MUESTRAS RECOLECTADAS POR  
DR. TCHERNITCHIN PARA AGUAS SUPERFICIALES



## AUDITORIA DE MUESTREOS DE SGS Y MUESTRAS RECOLECTADAS POR

### DR. TCHERNITCHIN PARA AGUAS SUPERFICIALES

Para esta auditoria se consideró las normas a continuación que aplican para muestreo de aguas residuales y potables de acuerdo con Nch 409/2 y Nch 411/10

#### ASPECTOS: RECURSOS DE PERSONAL, EQUIPOS Y MATERIALES

Requisitos normativos	SGS	Dr. Tchernitchin
Formación técnico-profesional y experiencia previa deseable para el personal.	<b>Toma de muestra por personal capacitado, presenta cadena de custodia con firma de profesional.</b>	No hay referencia. En el informe entregado al consejo municipal, se describe como responsable del muestreo pero en CENMA se constata como responsable al cliente Macarena Martínez Salt.
		Los datos que informa el Dr. Tchernitchin con respecto a la fecha y hora en que se realizó la toma de muestra no concuerdan con la descripción e identificación de la muestra en el CENMA. Por otra parte destaca el tiempo, distancia recorrida.
Envases	<b>Los envases son entregados por el laboratorio y poseen un control de seguimiento por lotes</b>	<b>No hay referencia.</b>

cenma

Teléfono: (56-2) 2927 5370  
Web: <http://www.cenma.cl>  
e-mail: [recepcion@cenma.cl](mailto:recepcion@cenma.cl)  
Acreditación ISO/IEC 17025 (189)

REVISION: 01  
Página 2 de 8

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
CMA-259	57907	Agua Cruda	Cliente	No Indica	25.11.2015
CMA-260	57908	Agua Cruda	Cliente	No Indica	25.11.2015
CMA-261	57909	Agua Cruda	Cliente	No Indica	25.11.2015
CMA-262	57910	Agua Cruda	Cliente	No Indica	25.11.2015
CMA-263	57911	Agua Cruda	Cliente	No Indica	25.11.2015

Ref: Tabla obtenida del informe de CENMA de las muestras de Alto Maipo, que se informa al consejo municipal

## Auditoria muestreos de aguas

Requisitos normativos	SGS	Dr. Tchernitchin
Planificación de muestreos y solicitud	Monitoreo manual muestra puntual y por programas	Monitoreo manual muestra puntual y aislada
Selección del punto de control	Cuatro puntos de aguas , 28 y 29 de enero 2016, quinto punto no disponible por corresponder a vertiente de ciclo corto	Cinco puntos para el 24 de noviembre 2015
Recolección y manejo de las muestras	Recolección manual, recolección con envase toma de muestra con preservante, sellado y etiquetado, disposición de muestras en cooler con hielo para transporte al laboratorio. Registro completo de acta del muestreo realizado, con codificación Traslado inmediato a laboratorio	Recolección manual, recolección con envase toma de muestra con preservante, sellado y etiquetado, no hay una referencia al transporte. Registro de antecedentes del muestreo realizado. Sin acta o documento equivalente , sin codificación Traslado a laboratorio CENMA, al día siguiente del muestreo

### Nota:

Muestras compuestas para ensayos físico-químicos: Las muestras puntuales que la van a componer, deben **mantenerse refrigeradas durante todo el periodo que dura del monitoreo**, en cajas coolers (si se toman en forma manual) y dentro de los mismos equipos automáticos (si se toman en forma automática). Al finalizar el monitoreo, ello se demuestra logrando una Tº no superior a 12ºC dentro de la botella de la primera muestra puntual. El compósito ya formado, debe trasladarse en cajas cooler en un ambiente refrigerado a una temperatura < 12ºC, sin congelar. El respectivo requerimiento de temperatura, se debe verificar a través de alguno de los sistemas de control disponibles en el mercado que pueden ser alguno de los siguientes: muestra testigo, termómetro máxima/mínima, medición continua con un capturador de datos, siendo la eficacia del sistema elegido de absoluta responsabilidad de la entidad de muestreo.



REF : muestreos de SGS

## Auditoria muestreos de aguas

Requisitos normativos	SGS	Dr. Tchernitchin
<b>CONTENIDO DE LOS INFORMES DE MONITOREO</b> El informe de terreno para efectos de monitoreos de autocontrol o controles directos efectuados por el organismo fiscalizador, deberán incluir a lo menos, lo siguiente:		
Identificación de la fuente emisora	Si	presunta
Dirección de la fuente emisora, incluyendo comuna y región	si	no
Identificación del punto de muestreo (coordenadas geográficas)	si	si
Naturaleza de la muestra (Ril, Agua servida, mezcla, otra matriz)	si	No solo parciales para agua de pozo y agua de la llave
Tipo de muestreo (manual, automático, combinación de ellos)	si	si
Tipo de muestra (puntual, compuesta, procedimiento de composición)	Si puntual	Si puntual
Período de duración del monitoreo	si	no
Fecha y hora de muestreo (inicio y termino)	si	Fecha cumple Solo registra un dato para la hora ,no especifica inicio ni termino
Resultados de mediciones en terreno: pH, Tº, etc.	si	no
Identificación de los equipos utilizados para mediciones de terreno, para recolección muestras y para medición de caudal	Si	no
Modalidad de medición de caudal	No aplica, sin muestra disponible, vertiente seca	Aplica para la vertiente identificada en zona del Volcan y Aucalles , no se mide caudal
Información de caudales (valores instantáneos y promedio del periodo, además de gráficas de comportamiento del caudal)	No aplica, vertiente seca	Sin informacion
Observaciones de terreno (fotografías del lugar y detalle de eventos que	Si	no

## Auditoria muestreros de aguas

afecten el incumplimiento de algún aspecto normativo)		
Laboratorio responsable de los ensayos	<b>SGS</b>	<b>CENMA</b>
Responsable de Entrega y Recepción muestras	<b>Si</b>	<b>PARTICULAR</b>
Fecha y hora de entrega de muestras en el laboratorio	<b>Si</b>	<b>Si</b>
<b>CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE MONITOREO DE AGUAS</b>	<b>Se presenta personal capacitado. Equipos que se le realizan ajustes y verificación. Presenta cadena de custodia.</b>	<b>No hay antecedentes de responsable capacitado ni cadena de custodia</b>

REF cadena de custodia de SGS

# Auditoria muestreos de aguas



ENVIRONMENTAL SERVICES		Codigo: MS-ENV-02-002					
AJUSTE y VERIFICACIÓN DE EQUIPOS		Periodo: 08					
Fecha: 07/10		Preparado por: J. Ribera					
Aprobado por: P. Jorgensen							
Nº: 28-01-16 Ciudad y Proyecto: Alto Maipo		Codigo Interno: 06-MIP-02					
1- Equipo (M/C) (Marca): <i>Ysi Profesional Plus</i>		Codigo Interno: <i>06-MIP-02</i>					
Donde realiza la actividad?: <i>Los Molinos</i>		Hora: <i>09:25</i> Punto de verificación: Hora:					
Estándar	Nº Lote	Lectura antes de ajustar	1ª corrección <sup>(1)</sup> (antes de ajustar)	Lectura después de ajustar	2ª corrección <sup>(1)</sup> (después de ajustar)	Verificación	
						Valor <sup>(2)</sup> 1ª corrección <sup>(1)</sup>	
4.01	9023	4,20	20,2	4,02	20,2		
7.01	8894	6,04	20,2	6,99	20,2		
10.01	8663	10,11	13,8	10,02	13,8		
1000	15 L 00407	12,38	12,4	10,02	12,4		
Rango de aceptación	HANNA / MERCK	HANNA	YSI	Otro:			
Estándar	4.01 T 01 10.01	10 µS/cm 1.413 µS/cm 12.80 mS/cm	1.000 µS/cm 10 mS/cm 80 mS/cm				
Rango <sup>(2)</sup>	3.5 - 4.5 0.05 - 2.10 0.75 - 10.20	10 - 50 1.201 - 1.680 11.0 - 14.0	500 - 1.100 0 - 10 40.0 - 50.0				
2- Equipo Cloro (Marca):		Codigo Interno:					
Donde realiza la actividad?:		Hora: Punto de verificación: Hora:					
Estándar	Nº Lote	Lectura	Verificación 1 Lectura	Rango de Aceptación <sup>(2)</sup>	Estándar <sup>(2)</sup>	Rango <sup>(2)</sup>	
				Marca: mg/L		/	
				Certificado: mg/L		/	
3- Equipo Turbidez (Marca):		Codigo Interno:					
Donde realiza la actividad?:		Hora: Punto de verificación: Hora:					
Estándar	Nº Lote	Lectura antes	Lectura después	Verificación 2 Lectura	Rango de Aceptación <sup>(2)</sup>	Estándar <sup>(2)</sup>	Rango <sup>(2)</sup>
					Marca: NTU		/
					Certificado: NTU		/
4- Equipo Oxígeno (Marca): <i>Ysi Profesional Plus</i>		Codigo Interno:					
Donde realiza la actividad?: <i>Los Molinos</i>		Hora: <i>09:35</i> Punto de verificación: Hora:					
Estándar	Nº Lote	Lectura antes de ajustar	1ª corrección <sup>(1)</sup> (antes de ajustar)	Lectura después de ajustar	2ª corrección <sup>(1)</sup> (después de ajustar)	2º Ajuste	2º Ajuste
						Valor <sup>(2)</sup>	Estado <sup>(2)</sup>
0							
100	No aplica	131,0	18,5	101,0	18,5		
Rango de aceptación	Estándar	Rango					
	0	100					
	< 0,05 mg/L	< 95%					
5- Observaciones: <i>Equipo operativo</i>							
Inspector/Operador: <i>Mba. L. Garay</i>							

## REF verificación y ajuste de equipos de SGS

### En resumen

Las muestras recolectadas por SGS cumplen los requerimientos de personal capacitado, calidad de la muestra y cadena de custodia que garantizan sus resultados.

Las muestras recolectadas por Dr Tchernitchin, no cumplen los requerimientos normativos que aplican a muestreos de aguas superficiales, POR TANTO, los resultados son cuestionables desde el punto de vista de su representatividad.

**Dra Laura Börgel Aguilera**

**RUT 7070948-1**

Prof. Dra Laura Börgel

Medico toxicólogo

Presidente Corporación RITA \_ CHILE 2012 actual

Toxicología Forense Universidad de Chile

Toxicología Forense Universidad Mayor

Director Laboratorio Toxicología Servitox

Directorio ALATOX 1999 actual

Director Comité Ejecutivo IUTOX 2010 a 2013

Delegado del CE de IUTOX para ICSU 2013 - actual

Red de Seguridad Química GÍZ Alemania 2009

Counselor International Medical Geological Association IMGA 2015 2017

**Dra. Laura Börgel A. y Compañía Limitada**

**asesorias@toxicologia.org – dra.borgel@toxicologia.org**

Fono: (56) 2 2777 1994 – (56) 2 2735 5863 / Fax: (56) 2 2735 0478

# ANEXO 3

CERTIFICADOS LABORATORIO SGS

## Informe de Análisis: ES16-04713



Laboratorio Ambiental SGS Chile Ltda.

"Acreditación LE 117 (Convenio INN-SISS), LE 118, LE 119 y LE 057 de Santiago " / "LE 631 y LE 632 (Convenio INN-SISS) de Antofagasta / LE 717 y LE 718 (Convenio INN-SISS) de Puerto Varas según NCh 17025. Of 2005 (Excluido punto 5.7)"

**Análisis solicitado por:** ALTO MAIPO SPA  
ol210517 san218477

<b>Atención a:</b>	DIEGO DIAZ	<b>Fecha Muestreo:</b>	28-01-2016 09:50
<b>Nro de Muestras:</b>	1	<b>Fecha Ingreso:</b>	29-01-2016 00:45
<b>Material / Producto:</b>	AGUA SUPERFICIAL	<b>Fecha Inicio:</b>	30-01-2016 00:42
<b>Lugar de Muestreo:</b>	Los Maitenes, C.Colorado	<b>Fecha termino</b>	08-02-2016 14:03

**Preservante:** Tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.

**Muestreado por:** Muestreo realizado por personal autorizado de SGS Chile Ltda.

**Notas:**

### Métodos de Ensayo

#### Análisis

Elementos

Arsénico

Selenio

Metales

Mercurio

Metales Disueltos A-Ac

Metales Disueltos

#### Metodología

SM 3120 B Ed.22, 2012, EPA 200.7, 1994 (Sn)

ME-12-2007 Manual SISS 2007

ME-10-2007 Manual SISS 2007

Cu ME-04-2007, Cr ME-05-2007, Fe ME-07-2007, Mn ME-08-2007, Mg ME-09-2007, Zn ME- 11-2007, Cd ME-13-2007, Pb ME-18-2007 Manual SISS 2007

ME-15-2007 Manual SISS 2007

SM 3111 B Ed.22, 2012

Cu ME-04-2007, Cr ME-05-2007, Fe ME-07-2007, Mn ME-08-2007, Mg ME-09-2007, Zn ME- 11-2007, Cd ME-13-2007, Pb ME-18-2007 Manual SISS 2007

## Informe de Análisis: ES16-04713

### RESULTADOS DE ANALISIS

#### MUESTRA

ANALISIS	UNIDAD	LD	CTR Recreacional Carabineros
Aluminio	mg/l	0.05	1.25
Aluminio Disuelto	mg/l	0.05	<0.05
Antimonio	mg/l	0.01	<0.01
Antimonio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Arsénico	mg/l	0.001	0.003
Arsénico Disuelto	mg/l	0.001	0.003
Bario	mg/l	0.01	<0.01
Bario Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Berilio	mg/l	0.01	<0.01
Berilio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Boro	mg/l	0.01	0.12
Boro Disuelto	mg/l	0.01	0.09
Cadmio	mg/l	0.005	<0.005
Cadmio Disuelto	mg/l	0.005	<0.01
Cinc	mg/l	0.01	0.04
Cinc Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cobalto	mg/l	0.01	<0.01
Cobalto disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cobre	mg/l	0.01	0.04
Cobre Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cromo Disuelto	mg/l	0.02	<0.020
Cromo Total	mg/l	0.02	<0.020
Hierro	mg/l	0.01	1.68
Hierro Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Litio	mg/l	0.01	<0.01
Litio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Manganeso	mg/l	0.01	0.15
Manganeso Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Mercurio	mg/l	0.0005	<0.0005
Mercurio Disuelto	mg/l	0.0005	<0.0005
Molibdeno	mg/l	0.01	<0.01
Molibdeno Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Niquel	mg/l	0.01	<0.01
Niquel Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Plata	mg/l	0.01	<0.01
Plata Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Plomo	mg/l	0.01	<0.01
Plomo Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Selenio	mg/l	0.001	<0.001
Selenio Disuelto	mg/l	0.001	<0.001
Vanadio	mg/l	0.1	<0.10
Vanadio Disuelto	mg/l	0.1	<0.10

LD (límite de detección)

Ensayos realizados en Laboratorio SGS Santiago, a excepción de los ensayos Subcontratados (\*\*)

Santiago 11 de febrero de 2016



Johanna Iribarra  
Jefe Laboratorio

"Este informe es publicado por la compañía bajo sus Condiciones Generales para los servicios de Inspección y de Ensayo enviado en cotización. (Copia disponible a petición)".

"No reproducir parcialmente el informe sin la autorización por escrito del Laboratorio Ambiental"

SGS Chile Ltda. Santiago: Puerto Madero #130, Pudahuel / Antofagasta: Av. Pedro Aguirre Cerda 7367 / Pto Varas: Ruta 5 Sur Km 1013.

t (56-2) 89 89561 f (56-2) 289 89587 t (56-55) 23 4098 f (56-55) 23 4596 t (65) 32 1800 f (65) 32 1801 www.sgs.com  
E-Mail: [ximena.parra@sgs.com](mailto:ximena.parra@sgs.com)



## Informe de Terreno : ES16 04713

**Empresa** : Alto Maipo SPA  
**Solicitante** : Diego Diaz  
**Lugar de muestreo** : Alto Maipo  
**Fecha de muestreo** : 28 de Enero 2016  
**Identificación de la Muestra** : CTR Recreacional Carabineros

**Fecha Emisión Informe:** : 08-02-2016

**Tipo de muestra:** Puntual  Compuesta  \_\_\_\_\_ Horas

**Origen de las muestras:**

A. Potable	<input type="checkbox"/>	RIL	<input type="checkbox"/>
A. Servida	<input type="checkbox"/>	A Superficial	<input checked="" type="checkbox"/>
A. Subterránea	<input type="checkbox"/>	Agua de Mar	<input type="checkbox"/>
Suelo	<input type="checkbox"/>	Lodo	<input type="checkbox"/>
Sedimento	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

**Envases entregados por:** SGS  Cliente

**Método de muestreo:** Manual  Automático

**Mediciones de terreno:**

pH	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura	<input checked="" type="checkbox"/>
Conductividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Caudal	<input type="checkbox"/>
Nivel Freático	<input type="checkbox"/>	Oxígeno Disuelto	<input checked="" type="checkbox"/>
Cloro Residual	<input type="checkbox"/>	Sol. Sedimentables	<input type="checkbox"/>
Turbiedad	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

**Método de medición de caudal:** Área velocidad  Otro

**Destino de la muestra:**

Lab. SGS Santiago	<input checked="" type="checkbox"/>	Lab. SGS Concepción	<input type="checkbox"/>
Lab. SGS Antofagasta	<input type="checkbox"/>	Lab. SGS Puerto Varas	<input type="checkbox"/>

Otro \_\_\_\_\_

## Informe de Terreno : ES16 04713

### Resultados de Muestra puntual

Hora de la toma de muestra 9:50 h

	Unidades	Valor
pH	u pH	<b>8,34</b>
Temperatura	°C	<b>15,0</b>
<b>Temperatura corregida</b>	<b>°C</b>	<b>15,0</b>
Cloro Residual	mg/L	---
Conductividad	µS/cm	<b>124,5</b>
Nivel Freático Estático	m	---
Nivel Freático Dinámico	m	---
Oxígeno Disuelto	mg/L	<b>10,76</b>
Sol. Sedimentables	ml/L 1 h	---
Turbiedad	(NTU)	---
ORP	mV	---

### Fotografías



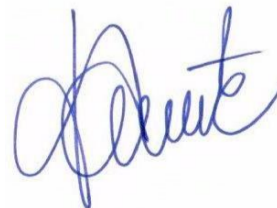
Fotografía 1: Punto de Muestreo

### Coordenadas

Norte: 6288476 [NORTE] m  
Este: 382405 [ESTE] m  
Datum [DATUM]: WGS84 19H [NOTACIÓN: HUSO Y ZONA]

Observaciones: Se realizó muestreo puntual sin observaciones.

Fecha Emisión Informe: 08-02-2016



**Elisa Vásquez A.**  
Jefe de Operaciones  
Environmental Services  
SGS Chile Ltda.

## Informe de Análisis: ES16-04714-1



Laboratorio Ambiental SGS Chile Ltda.

"Acreditación LE 117 (Convenio INN-SISS), LE 118, LE 119 y LE 057 de Santiago " / "LE 631 y LE 632 (Convenio INN-SISS) de Antofagasta / LE 717 y LE 718 (Convenio INN-SISS) de Puerto Varas según NCh 17025. Of 2005 (Excluido punto 5.7)"

**Análisis solicitado por:** ALTO MAIPO SPA  
ol210517 san218477

<b>Atención a:</b>	DIEGO DIAZ	<b>Fecha Muestreo:</b>	28-01-2016 10:05
<b>Nro de Muestras:</b>	1	<b>Fecha Ingreso:</b>	29-01-2016 01:02
<b>Material / Producto:</b>	AGUA SUPERFICIAL	<b>Fecha Inicio:</b>	30-01-2016 01:51
<b>Lugar de Muestreo:</b>	Los Maitenes, C.Colorado	<b>Fecha termino</b>	08-02-2016 14:03
<b>Plan de Muestreo:</b>	ALTMA_AGUAS		
<b>Preservante:</b>	Tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.		
<b>Muestreado por:</b>	Muestreo realizado por personal autorizado de SGS Chile Ltda.		
<b>Notas:</b>	Informe anula y reemplaza a certificado: ES16-04714, por activación de analisis de Manganese Disuelto.		

### Métodos de Ensayo

Análisis	Metodología
Arsénico	ME-12-2007 Manual SISS 2007
Elementos	SM 3120 B Ed.22, 2012, EPA 200.7, 1994 (Sn)
Mercurio	ME-15-2007 Manual SISS 2007
Metales	Cu ME-04-2007, Cr ME-05-2007, Fe ME-07-2007, Mn ME-08-2007, Mg ME-09-2007, Zn ME-11-2007, Cd ME-13-2007, Pb ME-18-2007 Manual SISS 2007
Metales Disueltos	Cu ME-04-2007, Cr ME-05-2007, Fe ME-07-2007, Mn ME-08-2007, Mg ME-09-2007, Zn ME-11-2007, Cd ME-13-2007, Pb ME-18-2007 Manual SISS 2007
Selenio	ME-10-2007 Manual SISS 2007

## Informe de Análisis: ES16-04714-1

### RESULTADOS DE ANALISIS

ANALISIS	UNIDAD	LD	MUESTRA
			Canal Aucayes
Aluminio	mg/l	0.05	0.74
Aluminio Disuelto	mg/l	0.05	<0.05
Antimonio	mg/l	0.01	<0.01
Antimonio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Arsénico	mg/l	0.001	0.003
Arsénico Disuelto	mg/l	0.001	0.002
Bario	mg/l	0.01	<0.01
Bario Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Berilio	mg/l	0.01	<0.01
Berilio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Boro	mg/l	0.01	0.09
Boro Disuelto	mg/l	0.01	0.08
Cadmio	mg/l	0.005	<0.005
Cadmio Disuelto	mg/l	0.005	<0.005
Cinc	mg/l	0.01	0.04
Cinc Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cobalto	mg/l	0.01	<0.01
Cobalto disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cobre	mg/l	0.01	<0.01
Cobre Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cromo Disuelto	mg/l	0.02	<0.020
Cromo Total	mg/l	0.02	<0.020
Hierro	mg/l	0.01	0.81
Hierro Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Litio	mg/l	0.01	<0.01
Litio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Manganeso	mg/l	0.01	0.07
Manganeso Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Mercurio	mg/l	0.0005	<0.0005
Mercurio Disuelto	mg/l	0.0005	<0.0005
Molibdeno	mg/l	0.01	<0.01
Molibdeno Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Niquel	mg/l	0.01	<0.01
Niquel Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Plata	mg/l	0.01	<0.01
Plata Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Plomo	mg/l	0.01	<0.01
Plomo Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Selenio	mg/l	0.001	<0.001
Selenio Disuelto	mg/l	0.001	<0.001
Vanadio	mg/l	0.1	<0.10
Vanadio Disuelto	mg/l	0.1	<0.10

LD (límite de detección)

Santiago 20 de febrero de 2016



Johanna Iribarra  
Jefe Laboratorio

"Este informe es publicado por la compañía bajo sus Condiciones Generales para los servicios de Inspección y de Ensayo enviado en cotización. (Copia disponible a petición)".

"No reproducir parcialmente el informe sin la autorización por escrito del Laboratorio Ambiental"

SGS Chile Ltda. Santiago: Puerto Madero #130, Pudahuel / Antofagasta: Av. Pedro Aguirre Cerda 7367 / Pto Varas: Ruta 5 Sur Km 1013.

t (56-2) 289 89561 f (56-2) 89 89587 t (56-55) 23 4098 f (56-55) 23 4596 t (65) 32 1800 f (65) 32 1801 www.sgs.com  
E-Mail: [ximena.parra@sgs.com](mailto:ximena.parra@sgs.com)

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

## Informe de Terreno : ES16 04714

**Empresa** : Alto Maipo SPA  
**Solicitante** : Diego Diaz  
**Lugar de muestreo** : Alto Maipo  
**Fecha de muestreo** : 28 de Enero 2016  
**Identificación de la Muestra** : Canal Eucayes

**Fecha Emisión Informe:** : 08-02-2016

**Tipo de muestra:** Puntual  Compuesta  \_\_\_\_\_ Horas

**Origen de las muestras:**

A. Potable	<input type="checkbox"/>	RIL	<input type="checkbox"/>
A. Servida	<input type="checkbox"/>	A Superficial	<input checked="" type="checkbox"/>
A. Subterránea	<input type="checkbox"/>	Agua de Mar	<input type="checkbox"/>
Suelo	<input type="checkbox"/>	Lodo	<input type="checkbox"/>
Sedimento	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

**Envases entregados por:** SGS  Cliente

**Método de muestreo:** Manual  Automático

**Mediciones de terreno:**

pH	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura	<input checked="" type="checkbox"/>
Conductividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Caudal	<input type="checkbox"/>
Nivel Freático	<input type="checkbox"/>	Oxígeno Disuelto	<input checked="" type="checkbox"/>
Cloro Residual	<input type="checkbox"/>	Sol. Sedimentables	<input type="checkbox"/>
Turbiedad	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

**Método de medición de caudal:** Área velocidad  Otro

**Destino de la muestra:**

Lab. SGS Santiago	<input checked="" type="checkbox"/>	Lab. SGS Concepción	<input type="checkbox"/>
Lab. SGS Antofagasta	<input type="checkbox"/>	Lab. SGS Puerto Varas	<input type="checkbox"/>

Otro \_\_\_\_\_

## Informe de Terreno : ES16 04714

### Resultados de Muestra puntual

Hora de la toma de muestra 10:16 h

	Unidades	Valor
pH	u pH	<b>8,08</b>
Temperatura	°C	<b>12,1</b>
<b>Temperatura corregida</b>	<b>°C</b>	<b>12,1</b>
Cloro Residual	mg/L	---
Conductividad	µS/cm	<b>126,3</b>
Nivel Freático Estático	m	---
Nivel Freático Dinámico	m	---
Oxígeno Disuelto	mg/L	<b>11,44</b>
Sol. Sedimentables	ml/L 1 h	---
Turbiedad	(NTU)	---
ORP	mV	---

### Fotografías



Fotografía 1: Punto de Muestreo

### Coordenadas

Norte: 6288448 [NORTE] m  
Este: 382562 [ESTE] m  
Datum [DATUM]: WGS84 19H [NOTACIÓN: HUSO Y ZONA]

**Observaciones:** Se realizó muestreo puntual sin observaciones.

**Fecha Emisión Informe:** 08-02-2016

**Elisa Vásquez A.**  
Jefe de Operaciones  
Environmental Services  
SGS Chile Ltda.

## Informe de Análisis: ES16-04973-1



Laboratorio Ambiental SGS Chile Ltda.

"Acreditación LE 117 (Convenio INN-SISS), LE 118, LE 119 y LE 057 de Santiago " / "LE 631 y LE 632 (Convenio INN-SISS) de Antofagasta / LE 717 y LE 718 (Convenio INN-SISS) de Puerto Varas según NCh 17025. Of 2005 (Excluido punto 5.7)"

**Análisis solicitado por:** ALTO MAIPO SPA  
ol210517 san218477

<b>Atención a:</b>	PATRICIO DEL FIERRO	<b>Fecha Muestreo:</b>	29-01-2016 13:57
<b>Nro de Muestras:</b>	1	<b>Fecha Ingreso:</b>	29-01-2016 19:47
<b>Material / Producto:</b>	AGUA SUPERFICIAL	<b>Fecha Inicio:</b>	31-01-2016 10:48
<b>Lugar de Muestreo:</b>	El Volcán	<b>Fecha termino</b>	10-02-2016 01:37

**Preservante:** Tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.

**Muestreado por:** Muestreo realizado por personal autorizado de SGS Chile Ltda.

**Notas:** Informe anula y reemplaza a certificado: ES16-04973, por activación de analisis de Manganese Disuelto.

### Métodos de Ensayo

#### Análisis

Arsénico  
Elementos  
Mercurio  
Metales  
Metales Disueltos  
Selenio

#### Metodología

ME-12-2007 Manual SISS 2007  
SM 3120 B Ed.22, 2012, EPA 200.7, 1994 (Sn)  
ME-15-2007 Manual SISS 2007  
Cu ME-04-2007, Cr ME-05-2007, Fe ME-07-2007, Mn ME-08-2007, Mg ME-09-2007, Zn ME-11-2007, Cd ME-13-2007, Pb ME-18-2007 Manual SISS 2007  
Cu ME-04-2007, Cr ME-05-2007, Fe ME-07-2007, Mn ME-08-2007, Mg ME-09-2007, Zn ME-11-2007, Cd ME-13-2007, Pb ME-18-2007 Manual SISS 2007  
ME-10-2007 Manual SISS 2007

## Informe de Análisis: ES16-04973-1

### RESULTADOS DE ANALISIS

ANALISIS	UNIDAD	LD	MUESTRA
			Charco Laguna
Aluminio	mg/l	0.05	1.80
Aluminio Disuelto	mg/l	0.05	<0.05
Antimonio	mg/l	0.01	<0.01
Antimonio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Arsénico	mg/l	0.001	0.006
Arsénico Disuelto	mg/l	0.001	0.003
Bario	mg/l	0.01	<0.01
Bario Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Berilio	mg/l	0.01	<0.01
Berilio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Boro	mg/l	0.01	0.12
Boro Disuelto	mg/l	0.01	0.10
Cadmio	mg/l	0.005	<0.005
Cadmio Disuelto	mg/l	0.005	<0.005
Cinc	mg/l	0.01	0.15
Cinc Disuelto	mg/l	0.01	0.06
Cobalto	mg/l	0.01	<0.01
Cobalto disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cobre	mg/l	0.01	0.09
Cobre Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cromo Disuelto	mg/l	0.02	<0.020
Cromo Total	mg/l	0.02	<0.020
Hierro	mg/l	0.01	4.16
Hierro Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Litio	mg/l	0.01	<0.01
Litio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Manganeso	mg/l	0.01	0.12
Manganeso Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Mercurio	mg/l	0.0005	<0.0005
Mercurio Disuelto	mg/l	0.0005	<0.0005
Molibdeno	mg/l	0.01	<0.01
Molibdeno Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Niquel	mg/l	0.01	<0.01
Niquel Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Plata	mg/l	0.01	<0.01
Plata Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Plomo	mg/l	0.01	<0.01
Plomo Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Selenio	mg/l	0.001	<0.001
Selenio Disuelto	mg/l	0.001	<0.001
Vanadio	mg/l	0.1	<0.10
Vanadio Disuelto	mg/l	0.1	<0.10

LD (límite de detección)

Santiago 20 de febrero de 2016



Johanna Iribarra  
Jefe Laboratorio

"Este informe es publicado por la compañía bajo sus Condiciones Generales para los servicios de Inspección y de Ensayo enviado en cotización. (Copia disponible a petición)".

"No reproducir parcialmente el informe sin la autorización por escrito del Laboratorio Ambiental"

SGS Chile Ltda. Santiago: Puerto Madero #130, Pudahuel / Antofagasta: Av. Pedro Aguirre Cerda 7367 / Pto Varas: Ruta 5 Sur Km 1013.

t (56-2) 289 89561 f (56-2) 89 89587 t (56-55) 23 4098 f (56-55) 23 4596 t (65) 32 1800 f (65) 32 1801 www.sgs.com  
E-Mail: [ximena.parra@sgs.com](mailto:ximena.parra@sgs.com)

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



## Informe de Terreno : ES16 04973

**Empresa** : Alto Maipo SPA  
**Solicitante** : Diego Diaz  
**Lugar de muestreo** : Alto Maipo  
**Fecha de muestreo** : 29 de Enero 2016  
**Identificación de la Muestra** : Charco Laguna

**Fecha Emisión Informe:** : 08-02-2016

**Tipo de muestra:** Puntual  Compuesta  \_\_\_\_\_ Horas

**Origen de las muestras:**

A. Potable	<input type="checkbox"/>	RIL	<input type="checkbox"/>
A. Servida	<input type="checkbox"/>	A Superficial	<input checked="" type="checkbox"/>
A. Subterránea	<input type="checkbox"/>	Agua de Mar	<input type="checkbox"/>
Suelo	<input type="checkbox"/>	Lodo	<input type="checkbox"/>
Sedimento	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

**Envases entregados por:** SGS  Cliente

**Método de muestreo:** Manual  Automático

**Mediciones de terreno:**

pH	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura	<input checked="" type="checkbox"/>
Conductividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Caudal	<input type="checkbox"/>
Nivel Freático	<input type="checkbox"/>	Oxígeno Disuelto	<input checked="" type="checkbox"/>
Cloro Residual	<input type="checkbox"/>	Sol. Sedimentables	<input type="checkbox"/>
Turbiedad	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

**Método de medición de caudal:** Área velocidad  Otro

**Destino de la muestra:**

Lab. SGS Santiago	<input checked="" type="checkbox"/>	Lab. SGS Concepción	<input type="checkbox"/>
Lab. SGS Antofagasta	<input type="checkbox"/>	Lab. SGS Puerto Varas	<input type="checkbox"/>

Otro \_\_\_\_\_

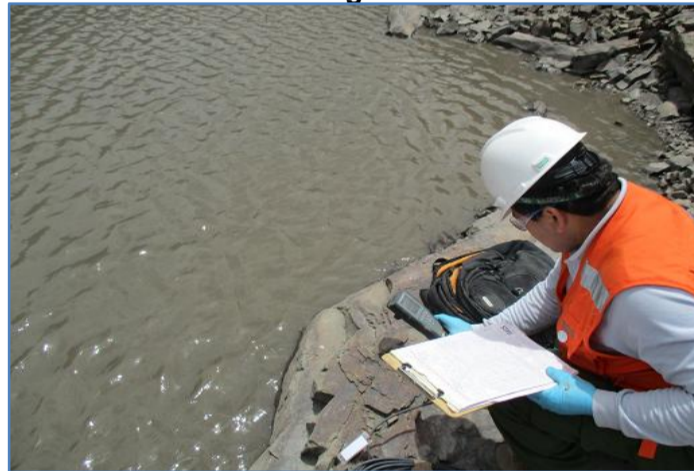
## Informe de Terreno : ES16 04973

### Resultados de Muestra puntual

Hora de la toma de muestra 13:57 h

	Unidades	Valor
pH	u pH	8,35
Temperatura	°C	22,2
<b>Temperatura corregida</b>	<b>°C</b>	<b>22,2</b>
Cloro Residual	mg/L	---
Conductividad	µS/cm	647
Nivel Freático Estático	m	---
Nivel Freático Dinámico	m	---
Oxígeno Disuelto	mg/L	8,90
Sol. Sedimentables	ml/L 1 h	---
Turbiedad	(NTU)	---
ORP	mV	---

### Fotografías



Fotografía 1: Punto de Muestreo

### Coordenadas

Norte: 6259532 [NORTE] m  
Este: 405616 [ESTE] m  
Datum [DATUM]: WGS84 19H [NOTACIÓN: HUSO Y ZONA]

**Observaciones:** Se realizó muestreo puntual sin observaciones.

**Fecha Emisión Informe:** 08-02-2016

**Elisa Vásquez A.**  
Jefe de Operaciones  
Environmental Services  
SGS Chile Ltda.

## Informe de Análisis: ES16-04974-1



Laboratorio Ambiental SGS Chile Ltda.

"Acreditación LE 117 (Convenio INN-SISS), LE 118, LE 119 y LE 057 de Santiago " / "LE 631 y LE 632 (Convenio INN-SISS) de Antofagasta / LE 717 y LE 718 (Convenio INN-SISS) de Puerto Varas según NCh 17025. Of 2005 (Excluido punto 5.7)"

**Análisis solicitado por:** ALTO MAIPO SPA  
ol210517 san218477

<b>Atención a:</b>	PATRICIO DEL FIERRO	<b>Fecha Muestreo:</b>	29-01-2016 10:45
<b>Nro de Muestras:</b>	1	<b>Fecha Ingreso:</b>	29-01-2016 19:51
<b>Material / Producto:</b>	AGUA SUPERFICIAL	<b>Fecha Inicio:</b>	31-01-2016 10:48
<b>Lugar de Muestreo:</b>	El Manzano	<b>Fecha termino</b>	10-02-2016 01:38

**Preservante:** Tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.

**Muestreado por:** Muestreo realizado por personal autorizado de SGS Chile Ltda.

**Notas:** Informe anula y reemplaza a certificado: ES16-04974, por activación de analisis de Manganese Disuelto.

### Métodos de Ensayo

#### Análisis

Arsénico  
Elementos  
Mercurio  
Metales  
Metales Disueltos  
Selenio

#### Metodología

ME-12-2007 Manual SISS 2007  
SM 3120 B Ed.22, 2012, EPA 200.7, 1994 (Sn)  
ME-15-2007 Manual SISS 2007  
Cu ME-04-2007, Cr ME-05-2007, Fe ME-07-2007, Mn ME-08-2007, Mg ME-09-2007, Zn ME-11-2007, Cd ME-13-2007, Pb ME-18-2007 Manual SISS 2007  
Cu ME-04-2007, Cr ME-05-2007, Fe ME-07-2007, Mn ME-08-2007, Mg ME-09-2007, Zn ME-11-2007, Cd ME-13-2007, Pb ME-18-2007 Manual SISS 2007  
ME-10-2007 Manual SISS 2007

## Informe de Análisis: ES16-04974-1

### RESULTADOS DE ANALISIS

ANALISIS	UNIDAD	LD	MUESTRA
			Comunidad Lomas del Manzano
Aluminio	mg/l	0.05	<0.05
Aluminio Disuelto	mg/l	0.05	<0.05
Antimonio	mg/l	0.01	<0.01
Antimonio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Arsénico	mg/l	0.001	0.003
Arsénico Disuelto	mg/l	0.001	0.002
Bario	mg/l	0.01	<0.01
Bario Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Berilio	mg/l	0.01	<0.01
Berilio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Boro	mg/l	0.01	<0.01
Boro Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cadmio	mg/l	0.005	<0.005
Cadmio Disuelto	mg/l	0.005	<0.005
Cinc	mg/l	0.01	0.12
Cinc Disuelto	mg/l	0.01	0.11
Cobalto	mg/l	0.01	<0.01
Cobalto disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cobre	mg/l	0.01	<0.01
Cobre Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Cromo Disuelto	mg/l	0.02	<0.020
Cromo Total	mg/l	0.02	<0.020
Hierro	mg/l	0.01	<0.01
Hierro Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Litio	mg/l	0.01	<0.01
Litio Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Manganeso	mg/l	0.01	<0.01
Manganeso Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Mercurio	mg/l	0.0005	<0.0005
Mercurio Disuelto	mg/l	0.0005	<0.0005
Molibdeno	mg/l	0.01	<0.01
Molibdeno Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Niquel	mg/l	0.01	<0.01
Niquel Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Plata	mg/l	0.01	<0.01
Plata Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Plomo	mg/l	0.01	<0.01
Plomo Disuelto	mg/l	0.01	<0.01
Selenio	mg/l	0.001	<0.001
Selenio Disuelto	mg/l	0.001	<0.001
Vanadio	mg/l	0.1	<0.10
Vanadio Disuelto	mg/l	0.1	<0.10

LD (límite de detección)

Santiago 20 de febrero de 2016



Johanna Iribarra  
Jefe Laboratorio

"Este informe es publicado por la compañía bajo sus Condiciones Generales para los servicios de Inspección y de Ensayo enviado en cotización. (Copia disponible a petición)".

"No reproducir parcialmente el informe sin la autorización por escrito del Laboratorio Ambiental"

SGS Chile Ltda. Santiago: Puerto Madero #130, Pudahuel / Antofagasta: Av. Pedro Aguirre Cerda 7367 / Pto Varas: Ruta 5 Sur Km 1013.

t (56-2) 289 89561 f (56-2) 89 89587 t (56-55) 23 4098 f (56-55) 23 4596 t (65) 32 1800 f (65) 32 1801 www.sgs.com  
E-Mail: [ximena.parra@sgs.com](mailto:ximena.parra@sgs.com)

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

## Informe de Terreno : ES16 04974

**Empresa** : Alto Maipo SPA  
**Solicitante** : Diego Diaz  
**Lugar de muestreo** : Alto Maipo  
**Fecha de muestreo** : 29 de Enero 2016  
**Identificación de la Muestra** : Comunidad Lomas del Manzano

**Fecha Emisión Informe:** : 08-02-2016

**Tipo de muestra:** Puntual  Compuesta  \_\_\_\_\_ Horas

**Origen de las muestras:**

A. Potable	<input type="checkbox"/>	RIL	<input type="checkbox"/>
A. Servida	<input type="checkbox"/>	A Superficial	<input checked="" type="checkbox"/>
A. Subterránea	<input type="checkbox"/>	Agua de Mar	<input type="checkbox"/>
Suelo	<input type="checkbox"/>	Lodo	<input type="checkbox"/>
Sedimento	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

**Envases entregados por:** SGS  Cliente

**Método de muestreo:** Manual  Automático

**Mediciones de terreno:**

pH	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura	<input checked="" type="checkbox"/>
Conductividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Caudal	<input type="checkbox"/>
Nivel Freático	<input type="checkbox"/>	Oxígeno Disuelto	<input checked="" type="checkbox"/>
Cloro Residual	<input type="checkbox"/>	Sol. Sedimentables	<input type="checkbox"/>
Turbiedad	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>

**Método de medición de caudal:** Área velocidad  Otro

**Destino de la muestra:**

Lab. SGS Santiago	<input checked="" type="checkbox"/>	Lab. SGS Concepción	<input type="checkbox"/>
Lab. SGS Antofagasta	<input type="checkbox"/>	Lab. SGS Puerto Varas	<input type="checkbox"/>

Otro \_\_\_\_\_

## Informe de Terreno : ES16 04974

### Resultados de Muestra puntual

Hora de la toma de muestra 10:45 h

	Unidades	Valor
pH	u pH	<b>7,65</b>
Temperatura	°C	<b>19,8</b>
<b>Temperatura corregida</b>	<b>°C</b>	<b>19,8</b>
Cloro Residual	mg/L	---
Conductividad	µS/cm	<b>598</b>
Nivel Freático Estático	m	---
Nivel Freático Dinámico	m	---
Oxígeno Disuelto	mg/L	---
Sol. Sedimentables	ml/L 1 h	<b>2,40</b>
Turbiedad	(NTU)	---
ORP	mV	---

### Fotografías



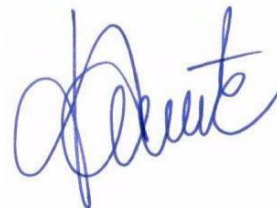
Fotografía 1: Punto de Muestreo

### Coordenadas


Norte: 6283686 [NORTE] m  
Este: 370968 [ESTE] m  
Datum [DATUM]: WGS84 19H [NOTACIÓN: HUSO Y ZONA]

**Observaciones:** Se realizó muestreo puntual sin observaciones.

**Fecha Emisión Informe:** 08-02-2016



**Elisa Vásquez A.**  
Jefe de Operaciones  
Environmental Services  
SGS Chile Ltda.

	ENVIRONMENTAL SERVICES	Código : I-ENV-OI-005
	<b>MUESTREO DE RIOS Y CURSOS DE AGUA</b>	Revisión: <b>06</b> Fecha : <b>02/13</b> Página : 1 de 3
Preparado por: <b>J. Robles</b>		Aprobado por: <b>P. Jorquera</b>

## 1.0 OBJETIVO

Establecer *la metodología* para realizar la toma de muestra de ríos y cursos de agua.

## 2.0 ALCANCE

Aplica a la toma de muestra en ríos y cursos de agua.

## 3.0 DEFINICIONES


- 3.1 Río: Cuerpo de agua natural superficial, con flujo continuo o intermitente, de origen nival, pluvial o lacustre, que fluye por un cauce bien definido hacia un océano, mar, lago, depresión continental, marisma u otro curso de agua.
- 3.2 Curso de agua: Masa de agua que fluye en forma continua o intermitente a través de un cauce bien definido, como el de un río, pero generalmente a menor escala
- 3.3 Punto de muestreo: Posición precisa dentro de un área de muestreo desde la que se toman las muestras.

## 4.0 REFERENCIAS

- 4.1 NCh 411/2 Of. 96 Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
- 4.2 NCh 411/3 Of. 96 Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
- 4.3 NCh 411/6 Of. 98 Calidad del agua – Muestreo – Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.
- 4.4 P-ENV-OI-001 *Protocolo para la realización del muestreo*
- 4.5 I-ENV-OI-001 Preservación y manejo de muestras
- 4.6 I-ENV-OI-021 Uso muestreador SIGMA 900 MAX
- 4.7 I-ENV-OI-022 Uso de medidor de flujo SIGMA 950 y muestreador SIGMA 900
- 4.8 I-ENV-OI-040 Uso muestreador ISCO 3700

## 5.0 EQUIPOS Y MATERIALES

- 5.1 Conductímetro y pH metro
- 5.2 Envases
- 5.3 Medidor de oxígeno disuelto
- 5.4 Muestreadores abiertos, de superficie, de profundidad, ó automático
- 5.5 Preservantes
- 5.6 *Soluciones buffer pH 4.00, 7.00 y 10.00*
- 5.7 *Soluciones de conductividad estándar 84µS/cm, 1413µS/cm ó 12,88mS/cm*
- 5.8 Termómetro
- 5.9 Varillas de pH

	ENVIRONMENTAL SERVICES	Código : I-ENV-OI-005
	<b>MUESTREO DE RIOS Y CURSOS DE AGUA</b>	Revisión: <b>06</b> Fecha : <b>02/13</b> Página : 2 de 3
Preparado por: <b>J. Robles</b>		Aprobado por: <b>P. Jorquera</b>

## 6.0 DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD

### 6.1 Frecuencia y punto de muestreo

La frecuencia del muestreo va a depender del objetivo con el que se quiera analizar el agua, o bien de los requerimientos del cliente, se debe buscar el punto de muestreo donde la composición de agua sea homogénea, condición que generalmente se encuentra en el centro del cauce. Idealmente las muestras deben tomarse en zonas turbulentas, a excepción de muestras a analizar en contenido microbiológico, gases disueltos y materias volátiles.

### 6.2 Métodos de muestreo

#### 6.2.1 Aguas superficiales con escorrentía

Para una muestra representativa de aguas superficiales con escorrentía debe evitar realizar la recolección demasiado cerca de la orilla o zonas de estancamientos, también evitar recolectar material flotante, tratando de extraer una porción cercana al centro del flujo. Para un mayor detalle de debe revisar la NCh 411/6. Guía para el Muestreo de Ríos y Cursos de Aguas.

Como guía general para efectuar el muestreo proceder como sigue:

- 6.2.1.1 **Tome** el envase, cerca de la base, sumergirlo rápidamente en el agua superficial hasta una profundidad de 15-30 cm, con el cuello hacia abajo.
- 6.2.1.2 Enseguida darlo vuelta, de modo que el gollete quede ligeramente más elevado que la base.
- 6.2.1.3 **Dirija** la boca del envase en sentido contrario al de la corriente, para prevenir el contacto del agua con las manos, tal como se muestra en la figura N°1.
- 6.2.1.4 **Llene** cuidando de no perder el preservante que pueda contener en su interior.
- 6.2.1.5 Cerrar el envase, proceder a efectuar el registro de los datos de muestreo y trasladar a laboratorio bajo refrigeración.

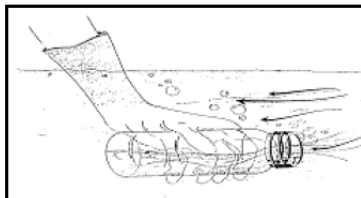



Figura N°1: **Boca del envase sentido contrario a la corriente**

#### 6.2.2 Aguas superficiales embalsadas

El muestreo de aguas superficiales embalsadas, es de procedimiento complejo y dependerá del objetivo que tenga el monitoreo, pudiéndose requerir muestras de la superficie y/o muestras de distintas profundidades, lo mismo que recolectar muestras en distintos punto del cuerpo de agua. Si el agua es destinada a uso recreacional, se debe



	ENVIRONMENTAL SERVICES	Código : I-ENV-OI-005
	<b>MUESTREO DE RIOS Y CURSOS DE AGUA</b>	Revisión: <b>06</b> Fecha : <b>02/13</b> Página : 3 de 3
Preparado por: <b>J. Robles</b>		Aprobado por: <b>P. Jorquera</b>

escoger estaciones de muestreo que cubran toda el área, considerando en forma especial, las zonas destinadas al uso de bañistas.

**Evite** extraer muestras de los bordes, aguas estancadas o zonas de playa, disponga de balsas o botes para el ingreso al cuerpo de agua. Para el caso de muestras de superficie en zonas de orilla de fácil acceso, las muestras se pueden recolectar de la misma forma indicada en 6.3.1, produciendo una corriente artificial desplazando el envase en sentido horizontal.

Para extracción de muestras a profundidades, se debe utilizar un equipo de muestreo especial (ejemplo: muestreadores *Kemmerer* o *Van Dorn*), el cual se hace descender dentro del agua para obtener una muestra sellada a la profundidad definida. Para un mayor detalle de debe revisar la NCh 411/4. Guía para el Muestreo de Lagos Naturales y Artificiales.

Es necesario muestrear aguas superficiales desde puentes u otra estructura. En estos casos se utilizan muestreadores como el que se presenta en la figura N°2.

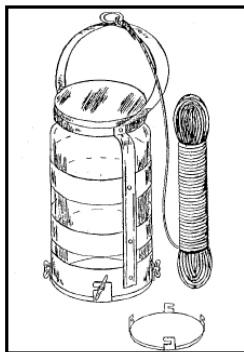


Figura N°2: **Estructura con peso para muestreo y envases para recolección.**

## 7.0 ANEXOS

No aplica.

# ANEXO 4

INFORMES ANÁLISIS DE AGUA SEREMI DE SALUD R.M.

## SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN

Su solicitud ha sido ingresada al **Portal de Transparencia del Estado para el organismo SEREMI de Salud Metropolitano de Santiago** con fecha **15/04/2016** con el N°: **AO045T0000667**. La confirmación de este ingreso ha sido enviada a su correo electrónico

La fecha de entrega de la respuesta es el **13/05/2016** (el plazo para recibir una respuesta es de **20 días hábiles**). Le informamos que durante este proceso el organismo **SEREMI de Salud Metropolitano de Santiago** podría solicitar una prórroga de máximo **10 días hábiles** para dar respuesta a su solicitud.



En caso que su solicitud de información no sea respondida en el plazo de veinte (20) días hábiles, o sea ésta denegada o bien la respuesta sea incompleta o no corresponda a lo solicitado, en aquellos casos que la ley lo permite usted podrá interponer un reclamo por denegación de información ante el Consejo para la Transparencia [www.consejotransparencia.cl](http://www.consejotransparencia.cl) dentro del plazo de 15 días hábiles, contado desde la notificación de la denegación de acceso a la información, o desde que haya expirado el plazo definido para dar respuesta.

Para las solicitudes presentadas a organismos autónomos como por ejemplo Poder Judicial, Contraloría General de la República y el Congreso Nacional el procedimiento de reclamos se describe [en el siguiente enlace](#).

Podrá conocer el estado de su solicitud en este portal ingresando el **Código identificador de tu solicitud: AO045T0000667** y también ingresando con tus datos al portal de ciudadano.

### DATOS INGRESADOS PARA SU SOLICITUD

Solicitud de información	
A quien dirige su solicitud	SEREMI de Salud Metropolitano de Santiago
Región	Región Metropolitana
Vía de recepción de solicitud	Correo electrónico
Correo electrónico	administracion@toxicologia.org
Solicitud	copia informe análisis de agua N° de identificación: 2475, 2477, 5262, 5264, 5266, 5050, 5441, 5445, 5539, 5541, 5543, 5595, 5048, 6775, 6776, 6817, 6909, 473, 6903, 6905, 6907, 7294, 7266, 7296, 556, 6839, 6837, 6774.6773,3565, 2121, 2119.  Copia análisis de aguas del Cajón del Maipo
Observaciones	
Archivos adjuntos	SCX-6545X Series_20160415_114922988.pdf
Formato deseado	PDF
Solicitante inicia sesión en Portal	NO
Forma de recepción de la solicitud	Vía electrónica

Datos del solicitante	
Persona	Jurídica
Nombre o Razón social	Dra. Laura Borguel y Cia. Ltda.
Apellido Paterno	
Apellido Materno	

Datos del apoderado	
Nombre	Claudia
Apellido Paterno	Diaz
Apellido Materno	Velasquez

Dirección	
Calle	Ernesto Pinto Lagarrigue
Numero	281
Departamento	
Región	Región Metropolitana
Comuna	RECOLETA

*Handwritten notes and a list of numbers:*

N° identificación

19321	- 5491	33047	- 6903	- 6821
19322	- 5491	33048	- 6904	- 6822
19323	- 5491	33049	- 6905	- 6823
19324	- 5491	33050	- 6906	- 6824
19325	- 5491	33051	- 6907	- 6825
19326	- 5491	33052	- 6908	- 6826
19327	- 5491	33053	- 6909	- 6827
19328	- 5491	33054	- 6910	- 6828
19329	- 5491	33055	- 6911	- 6829
19330	- 5491	33056	- 6912	- 6830

Ministerio Nacional Interación General N° 100

Unidad de Transparencia y OIR

**Notificación (Marque con una X y especifique)**

Enviado por correo electrónico /  FAX /  No. /  Email:

**Forma de recepción de la información solicitada (marque con una X)**

Presencial /  Envío por correo /  Retiro en Oficina /  Especificar oficina:

**Formato de entrega (marque con una X)**

Como en papel /  Formato electrónico digital /

Nombre del Solicitante o Apoderado: 

Fecha: 15 ABR 2016

MINISTERIO DE SALUD R.M.

RECIBIDO

15 ABR 2016

UNIDAD DE TRANSPARENCIA Y OIR

# SOLICITUD DE ACCESO DE INFORMACIÓN PÚBLICA. LEY 20.285

Instrucciones: COMPLETE EL FORMULARIO CON LETRA IMPRENTA

## IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE (dato obligatorio, art. 12 de la Ley 20.285)

Nombre y Apellido (s) o Razón Social (cuando corresponda):

DR. LAURA BORGUEZ Y CIA LTDA / CLAUDIA DIAZ Velázquez

Nombres Completo de Apoderado (si corresponde):

Dirección (postal o electrónica) (dato obligatorio, art. 12 de la Ley 20.285)

ERNESTO PINTO LABARRIGUE 281-Recdd

Teléfono (fijo o celular) (opcional, art. 27 del Reglamento Ley 20.285):

27355863

## INFORMACIÓN DE LA SOLICITUD

Nombre de la entidad a la que dirige la solicitud:

SEREMI DE SALUD - RM

Identificación de los documentos solicitados. Señale la materia, fecha de emisión o período de vigencia del documento, origen o destino, soporte, etc. (Si requiere más de 10 mil caracteres puede adjuntar otra hoja):

Copia  
Informe análisis de Agua. N° identificación

- 2475	- 5441	- 5048	- 6903	- 6839
- 2477	- 5445	- 5050	- 6905	- 6835
- 5262	- 5539	- 6775	- 6907	- 6774
- 5264	- 5541	- 6776	- 7294	6773
- 5266	- 5543	- 6817	- 7266	- 3565
- 5050	- 5595	- 6909	- 7296	- 2121
		- 473	- 556	- 2119

Observaciones (opcional, Instrucción General N°10):

Copia  
- Análisis de Aguas del cajón Laipo - RES GENERAL

## Notificación (Marque con una X y especifique)

Deseo ser notificado por correo electrónico

Si:

No:

Email: [administracion@toxicologia.org](mailto:administracion@toxicologia.org)

## Forma de recepción de la información solicitada (marque con una X)

Email:

Envío por correo:

Retiro en Oficina:

Especificar oficina:

## Formato de entrega (marque con una X)

Copia en papel:

Formato electrónico digital:

Otros:

Firma Solicitante o Apoderado:

Timbre:

SEREMI DE SALUD R.M.  
RECIBIDO

15 ABR 2016

UNIDAD DE TRANSPARENCIA  
Y OIRS

Fecha: 15.04.16

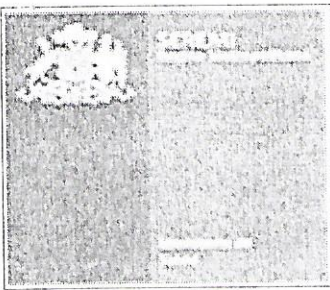
CONTENIDO MAXIMO DE ELEMENTOS Y SUSTANCIAS QUIMICAS

Sustancia	Expresado como	Límite máximo mg/l
Amoníaco	N	0,25
Arsénico	As	0,05
Cadmio	Cd	0,01
Cianuro	CN	0,20
Cloruros	Cl	250
Cobre	Cu	1,0
Compuestos Fenólicos	Fenol	0,002
Cromo Hexavalente	Cr	0,05
Detergente	SAAM	0,50
Flúor	F	1,5
Hierro	Fe	0,3
Magnesio	Mg	125
Manganeso	Mn	0,10
Mercurio	Hg	0,001
Nitratos	N	10
Nitritos	N	1,0
Plomo	Pb	0,05
Residuos sólidos filtrables	-	1000
Selenio	Se	0,01
Sulfatos	SO-2/4	250
Zinc	Zn	5,0

Artículo 9°.- Sin perjuicio de lo señalado en los artículos anteriores, las aguas que se empleen en la explotación de servicios de agua potable no deberán contener sustancias tóxicas y dañinas u organismos que no sean eliminados por un tratamiento corriente y, además, estar libres de organismos microscópicos o sustancias que puedan causar perturbaciones en la normal operación y eficiencia de los procesos de tratamiento antes indicados.

Para la determinación de las condiciones señaladas en el inciso anterior, el agua antes de ser tratada debe ser sometida a los análisis que ordene el Servicio Nacional de Salud.

Artículo 10°.- Los servicios de agua potable, que actualmente se encuentran sometidos a cloración, así



# LABORATORIO DE SALUD PUBLICA AMBIENTAL Y LABORAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION: **4262** FECHA INFORME : 04-01-2016  
Nº de Acta : 623 FECHA RECEPCION: 09-12-2015  
PROGRAMA : ENTORNO SALUDABLE FECHA DE MUESTREO: 09-12-2015  
ORIGEN DE LA MUESTRA : VIGILANCIA Nº trámite/intern/Denun.: 0  
TIPO DE MUESTRA: AGUA SERVIDA  
DETALLE TIPO DE MUESTRA ESTERO  
OBSERVACIONES : ESTANQUE EL ALFALFA, CAMINO EL ALFALFA KM 23, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA

4262

OLOR	SABOR
COLOR VERDADERO < 11	TURBIEDAD
pH 8,12	CONDUCTIVIDAD 87 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES 44 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES

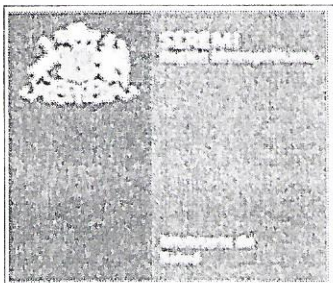
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2	mg/l	
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07	mg/l	
ARSENICO	0,004	mg/l	NIQUEL	mg/l	
CADMIO	< 0,004	mg/l	PLOMO	< 0,016	mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l		
CLORURO	< 4	mg/l	SODIO PORCENT.	%	
COBRE	< 0,15	mg/l	SULFATO	< 6	mg/l
CROMO	< 0,005	mg/l	ZINC	< 0,17	mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5			
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO			
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:		mg/L	
FLUORURO	< 0,25	mg/l	SOL_SUSP_TOT:		
HIERRO	< 0,08	mg/l	ACEITES_GRASAS:		
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:			
MAGNESIO	< 5,1	mg/l	NITROG_TOT:		
MANGANESO	< 0,02	mg/l	PODER_ESPUM:		
MERCURIO	< 0,0004	mg/l			

DIGITADO POR : GONZALO VALENZUELA

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09

LABORATORIO DE SALUD  
Publica Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD R.M.

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



# LABORATORIO DE SALUD PUBLICA AMBIENTAL Y LABORAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION: **3565** FECHA INFORME : 16-11-2015  
Nº de Acta : 620 FECHA RECEPCION: 26-10-2015  
PROGRAMA : ENTORNO SALUDABLE FECHA DE MUESTREO: 26-10-2015  
ORIGEN DE LA MUESTRA : VIGILANCIA Nº trámite/intern/Denun.: 0  
TIPO DE MUESTRA: AGUA CONSUMO HUMANO  
DETALLE TIPO DE MUESTRA AGUA DE VERTIENTE  
OBSERVACIONES : CAMINO AL VOLCAN FRENTE AL 39540, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA

3565

OLOR

SABOR

COLOR VERDADERO 17

TURBIEDAD

pH 8,22

CONDUCTIVIDAD 1969  $\mu$ S/cm

SOL. DISUELTOS TOTALES 985 mg/l

RES. SOLIDO FILTRABLES

ALUMINIO	mg/l
AMONIACO	mg/l
ARSENICO	< 0,003 mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l
CIANURO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l
COBRE	< 0,15 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l
COMP.FENOLICOS	mg/l
DETERGENTES (SAAM)	mg/l
FLUORURO	< 0,25 mg/l
HIERRO	0,1 mg/l
LITIO	mg/l
MAGNESIO	< 5,1 mg/l
MANGANESO	< 0,02 mg/l
MERCURIO	< 0,0004 mg/l

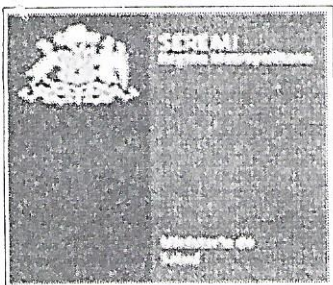
NITRATOS	31,7 mg/l
NITRITOS	< 0,07 mg/l
NIQUEL	mg/l
PLOMO	< 0,016 mg/l
SELENIO	mg/l
SODIO PORCENT.	%
SULFATO	< 6 mg/l
ZINC	< 0,17 mg/l
DBO5	
DQO	
DUREZA:	mg/L
SOL_SUSP_TOT:	
ACEITES_GRASAS:	
FOSFORO_TOT:	
NITROG_TOT:	
PODER_ESPUM:	

DIGITADO POR : GONZALO VALENZUELA

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09

LABORATORIO DE SALUD  
Pública Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD R.M.  
VICTOR BERRIOS SEPULVEBA  
JEFE LABORATORIO





# LABORATORIO DE SALUD PUBLICA AMBIENTAL Y LABORAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

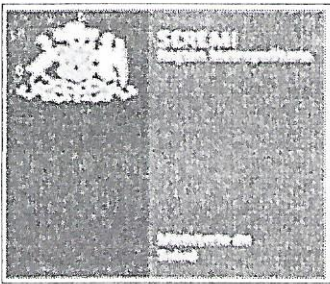
Handwritten initials/signature

Nº IDENTIFICACION:	<b>2121</b>	FECHA INFORME :	24-06-2015
Nº de Acta :	604	FECHA RECEPCION:	17-06-2015
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	17-06-2015
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	0
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA VERTIENTE		
OBSERVACIONES :	POSTA EL VOLCAN, MUSTAFA S/N, EL VOLCAN, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

2121	
OLOR _____	SABOR _____
COLOR VERDADERO _____	TURBIEDAD _____
pH <u>8,16</u>	CONDUCTIVIDAD <u>874</u> µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES <u>437</u> mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES _____
ALUMINIO _____ mg/l	NITRATOS <u>&lt; 2,2</u> mg/l
AMONIACO _____ mg/l	NITRITOS <u>&lt; 0,07</u> mg/l
ARSENICO <u>0,027</u> mg/l	NIQUEL _____ mg/l
CADMIO <u>&lt; 0,004</u> mg/l	PLOMO <u>&lt; 0,016</u> mg/l
CIANURO _____ mg/l	SELENIO _____ mg/l
CLORURO <u>19</u> mg/l	SODIO PORCENT. _____ %
COBRE <u>&lt; 0,15</u> mg/l	SULFATO <u>334</u> mg/l
CROMO <u>&lt; 0,005</u> mg/l	ZINC <u>&lt; 0,17</u> mg/l
CROMO HEXAV. _____ mg/l	DBO5 _____
COMP.FENOLICOS _____ mg/l	DQO _____
DETERGENTES (SAAM) _____ mg/l	DUREZA: _____ mg/L
FLUORURO <u>&lt; 0,25</u> mg/l	SOL_SUSP_TOT: _____
HIERRO <u>&lt; 0,08</u> mg/l	ACEITES_GRASAS: _____
LITIO _____ mg/l	FOSFORO_TOT: _____
MAGNESIO <u>30,1</u> mg/l	NITROG_TOT: _____
MANGANESO <u>&lt; 0,02</u> mg/l	PODER_ESPUM: _____
MERCURIO <u>&lt; 0,0004</u> mg/l	
DIGITADO POR: <u>MARCELO GODOY</u>	

Observaciones : Arsénico fuera de norma.

LABORATORIO DE SALUD  
Publica Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD R.M.  
**VICTOR BERRIOS SEPULVEDA**  
JEFE LABORATORIO



# LABORATORIO DE SALUD PUBLICA AMBIENTAL Y LABORAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION: **2119** FECHA INFORME : 26-06-2015  
Nº de Acta : 603 FECHA RECEPCION: 17-06-2015  
PROGRAMA : ENTORNO SALUDABLE FECHA DE MUESTREO: 17-06-2015  
ORIGEN DE LA MUESTRA : VIGILANCIA Nº trámite/intern/Denun.: 0  
TIPO DE MUESTRA: AGUA CONSUMO HUMANO  
DETALLE TIPO DE MUESTRA AGUA CURSO SUPERFICIAL  
OBSERVACIONES : ESTANQUE CHICO EL VOLCAN, CAMINO AL VOLCAN S/N (A), SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA.

2119

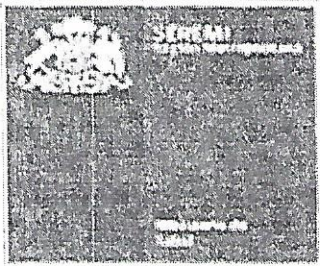
OLOR	SABOR
COLOR VERDADERO	TURBIEDAD
pH 6,78	CONDUCTIVIDAD 1629 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES 814 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES

ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2	mg/l	
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07	mg/l	
ARSENICO	< 0,003	mg/l	NIQUEL	mg/l	
CADMIO	< 0,004	mg/l	PLOMO	< 0,016	mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l		
CLORURO	339	mg/l	SODIO PORCENT.	%	
COBRE	< 0,15	mg/l	SULFATO	108	mg/l
CROMO	< 0,005	mg/l	ZINC	< 0,17	mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5			
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO			
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:		mg/L	
FLUORURO	< 0,25	mg/l	SOL_SUSP_TOT:		
HIERRO	< 0,08	mg/l	ACEITES_GRASAS:		
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:			
MAGNESIO	26,1	mg/l	NITROG_TOT:		
MANGANESO	< 0,02	mg/l	PODER_ESPUM:		
MERCURIO	< 0,0004	mg/l			

DIGITADO POR : MARCELO GODOY

Observaciones :

LABORATORIO DE SALUD  
Pública Ambiental y Laboral  
VICTOR BERRÍOS SÉPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



# LABORATORIO DE SALUD PUBLICA AMBIENTAL Y LABORAL

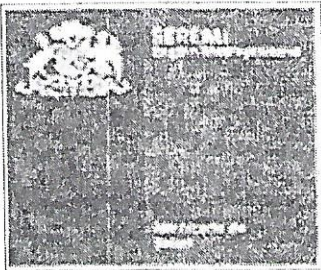
## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<u>556</u>	FECHA INFORME :	20-02-2015
Nº de Acta :	<u>602</u>	FECHA RECEPCION:	18-02-2015
PROGRAMA :	<u>ENTORNO SALUDABLE</u>	FECHA DE MUESTREO:	18-02-2015
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA. CURSO SUPERFICIAL. T°13		
OBSERVACIONES :	ESTANQUE LAS MERCEDITAS, SECTOR EL VOLCAN S/N. SAN JOSE DE MAIPO. MARCELO AGUILERA		

556	
OLOR _____	SABOR _____
COLOR VERDADERO _____	TURBIEDAD _____
pH _____	CONDUCTIVIDAD _____ $\mu$ S/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES _____ mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES _____
ALUMINIO _____ mg/l	NITRATOS _____ mg/l
AMONIACO _____ mg/l	NITRITOS _____ mg/l
ARSENICO <u>&lt; 0,003</u> mg/l	NIQUEL _____ mg/l
CADMIO _____ mg/l	PLOMO _____ mg/l
CIANURO _____ mg/l	SELENIO _____ mg/l
CLORURO _____ mg/l	SODIO PORCENT. _____ %
COBRE _____ mg/l	SULFATO _____ mg/l
CROMO _____ mg/l	ZINC _____ mg/l
CROMO HEXAV. _____ mg/l	DBO5 _____
COMP.FENOLICOS _____ mg/l	DQO _____
DETERGENTES (SAAM) _____ mg/l	DUREZA: _____ mg/L
FLUORURO _____ mg/l	SOL_SUSP_TOT: _____
HIJERRO _____ mg/l	ACEITES_GRASAS: _____
LITIO _____ mg/l	FOSFORO_TOT: _____
MAGNESIO _____ mg/l	NITROG_TOT: _____
MANGANESO _____ mg/l	PODER_ESPUM: _____
MERCURIO _____ mg/l	
DIGITADO POR : _____	

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09

LABORATORIO DE SALUD  
Pública Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD RM  
**VÍCTOR BERRIOS SEPULVEDA**  
JEFE LABORATORIO



LABORATORIO DE SALUD PUBLICA  
AMBIENTAL Y LABORAL  
INFORME DE ANALISIS - AGUAS

N° IDENTIFICACION:	473	FECHA INFORME :	25-02-2015
N° de Acta :	601	FECHA RECEPCION:	10-02-2015
PROGRAMA :	OFICINAS PROVINCIALES	FECHA DE MUESTREO:	10-02-2015
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	N° trámite/intern/Denun.:	
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	CURSO SUPERFICIAL, NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	BAÑOS MORALES. SAN JOSE DE MAIPO. JULIO GOMEZ		

473

OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	7,16	CONDUCTIVIDAD	1076 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	975 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	

ALUMINIO		mg/l	NITRATOS	< 2,2	mg/l
AMONIACO		mg/l	NITRITOS	< 0,07	mg/l
ARSENICO	< 0,003	mg/l	NIQUEL		mg/l
CADMIO	< 0,004	mg/l	PLOMO	< 0,016	mg/l
CIANURO		mg/l	SELENIO		mg/l
CLORURO	8,5	mg/l	SODIO PORCENT.		%
COBRE	< 0,15	mg/l	SULFATO	372	mg/l
CROMO	< 0,005	mg/l	ZINC	< 0,17	mg/l
CROMO HEXAV.		mg/l	DBO5		
COMP.FENOLICOS		mg/l	DQO		
DETERGENTES (SAAM)		mg/l	DUREZA:		mg/L
FLUORURO	< 0,25	mg/l	SOL_SUSP_TOT:		
HIERRO	< 0,08	mg/l	ACEITES_GRASAS:		
LITIO		mg/l	FOSFORO_TOT:		
MAGNESIO	21,3	mg/l	NITROG_TOT:		
MANGANESO	< 0,02	mg/l	PODER_ESPUM:		
MERCURIO	< 0,0004	mg/l			

DIGITADO POR :

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09

LABORATORIO DE SALUD  
Pública Ambiental y Laboral  
San Diego 630 piso 8° Santiago - F 225688410 - laboratorioseremirm@redsalud.gob.cl -  
www.asrm.cl

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

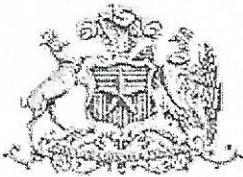
## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>6817</b> -	FECHA INFORME :	<b>09-12-2014</b>
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	<b>18-11-2014</b>
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	<b>18-11-2014</b>
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	<b>3005</b>
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO. Nº1 CAMINO AL VOLCAN S/N, SECTOR LO VALDE, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

COLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	7,91	CONDUCTIVIDAD	788 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	< 0,003 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	234 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	0,40 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	23,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR : GVALENZUELA			

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<u>6905</u> -	FECHA INFORME :	10-08-2015
Nº de Acta :	<u>0</u>	FECHA RECEPCION:	20-11-2014
PROGRAMA :	<u>ENTORNO SALUDABLE</u>	FECHA DE MUESTREO:	20-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3009
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO N°2 VERTIENTES BAÑOS MORALES, CAMINO B.MORALES S/N, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA.		

6905	
OLOR _____	SABOR _____
COLOR VERDADERO < <u>11</u>	TURBIEDAD _____
pH <u>7,84</u>	CONDUCTIVIDAD <u>1639</u> µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES * <u>1567</u> mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES _____
ALUMINIO _____ mg/l	NITRATOS <u>4,1</u> mg/l
AMONIACO _____ mg/l	NITRITOS < <u>0,07</u> mg/l
ARSENICO <u>0,008</u> mg/l	NIQUEL _____ mg/l
CADMIO < <u>0,004</u> mg/l	PLOMO < <u>0,016</u> mg/l
CIANURO _____ mg/l	SELENIO _____ mg/l
CLORURO * <u>491</u> mg/l	SODIO PORCENT. _____ %
COBRE < <u>0,15</u> mg/l	SULFATO <u>260</u> mg/l
CROMO < <u>0,005</u> mg/l	ZINC < <u>0,17</u> mg/l
CROMO HEXAV. _____ mg/l	DBO5 _____
COMP.FENOLICOS _____ mg/l	DQO _____
DETERGENTES (SAAM) _____ mg/l	DUREZA: _____ mg/L
FLUORURO < <u>0,25</u> mg/l	SOL_SUSP_TOT: _____
HIERRO < <u>0,08</u> mg/l	ACEITES_GRASAS: _____
LITIO _____ mg/l	FOSFORO_TOT: _____
MAGNESIO <u>19,9</u> mg/l	NITROG_TOT: _____
MANGANESO < <u>0,02</u> mg/l	PODER_ESPUM: _____
MERCURIO < <u>0,0004</u> mg/l	
DIGITADO POR : <input type="text"/>	

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.  
(\*): Valor fuera de Norma

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL Y LABORAL  
MINISTERIO DE SALUD R.M.

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION: **6909** - FECHA INFORME: **02-02-2015**  
Nº de Acta: **0** FECHA RECEPCION: **20-11-2014**  
PROGRAMA: **ENTORNO SALUDABLE** FECHA DE MUESTREO: **20-11-2014**  
ORIGEN DE LA MUESTRA: **VIGILANCIA** Nº trámite/intern/Denun.: **3011**  
TIPO DE MUESTRA: **AGUA CONSUMO HUMANO**  
DETALLE TIPO DE MUESTRA: **AGUA NO CLORADA**  
OBSERVACIONES: **PTO. Nº4 ESTANQUE LAS MERCEDITAS C.AL VOLVCAN S/N, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA**

6909

### TOR

COLOR VERDADERO **< 11**  
pH **8,24**  
SOL. DISUELTOS TOTALES **<1000** mg/l

ALUMINIO		mg/l
AMONIACO		mg/l
ARSENICO	* 0,024	mg/l
CADMIO	< 0,004	mg/l
CIANURO		mg/l
CLORURO	54	mg/l
COBRE	< 0,15	mg/l
CROMO	< 0,005	mg/l
CROMO HEXAV.		mg/l
COMP.FENOLICOS		mg/l
DETERGENTES (SAAM)		mg/l
FLUORURO	< 0,25	mg/l
HIERRO	< 0,08	mg/l
LITIO		mg/l
MAGNESIO	31,9	mg/l
MANGANESO	< 0,02	mg/l
MERCURIO	< 0,0004	mg/l

DIGITADO POR: NCEA

### SABOR

TURBIEDAD  
CONDUCTIVIDAD **849** µS/cm

### RES. SOLIDO FILTRABLES

NITRATOS	3,3	mg/l
NITRITOS	< 0,07	mg/l
NIQUEL		mg/l
PLOMO	< 0,016	mg/l
SELENIO		mg/l
SODIO PORCENT.		%
SULFATO	368	mg/l
ZINC	< 0,17	mg/l
DBO5		
DQO		
DUREZA:		mg/L
SOL_SUSP_TOT:		
ACEITES_GRASAS:		
FOSFORO_TOT:		
NITROG_TOT:		
PODER_ESPUM:		

Observaciones: (\*) Valor Fuera de Norma.  
Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

LABORATORIO DE SALUD  
Publica Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD R.M.  
VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE

**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

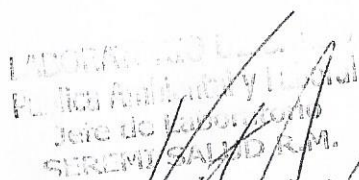


## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>6903</b> -	FECHA INFORME :	09-12-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	20-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	20-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3008
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO Nº1. ESTANQUE BAÑOS MORALES, CAMINO B.MORALES S/N, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA.		

		6903	
<b>COLOR</b>		<b>SABOR</b>	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	6,99	CONDUCTIVIDAD	781 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO		NITRATOS	3,7 mg/l
AMONIACO		NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,003 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO		SELENIO	mg/l
CLORURO	10 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	349 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.		DBO5	
COMP.FENOLICOS		DQO	
DETERGENTES (SAAM)		DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO		FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	15,7 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR : GVALENZUELA			

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

  
 VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
 JEFE LABORATORIO





GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<u>6909</u> -	FECHA INFORME :	02-02-2015
Nº de Acta :	<u>0</u>	FECHA RECEPCION:	20-11-2014
PROGRAMA :	<u>ENTORNO SALUDABLE</u>	FECHA DE MUESTREO:	20-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3011
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO. Nº4 ESTANQUE LAS MERCEDITAS C.AL VOLVCAN S/N, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

6909	
OLOR _____	SABOR _____
COLOR VERDADERO < <u>11</u>	TURBIEDAD _____
pH <u>8,24</u>	CONDUCTIVIDAD <u>849</u> µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES < <u>1000</u> mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES _____
ALUMINIO _____ mg/l	NITRATOS <u>3,3</u> mg/l
AMONIACO _____ mg/l	NITRITOS < <u>0,07</u> mg/l
ARSENICO * <u>0,024</u> mg/l	NIQUEL _____ mg/l
CADMIO < <u>0,004</u> mg/l	PLOMO < <u>0,016</u> mg/l
CIANURO _____ mg/l	SELENIO _____ mg/l
CLORURO <u>54</u> mg/l	SODIO PORCENT. _____ %
COBRE < <u>0,15</u> mg/l	SULFATO <u>368</u> mg/l
CROMO < <u>0,005</u> mg/l	ZINC < <u>0,17</u> mg/l
CROMO HEXAV. _____ mg/l	DBO5 _____
COMP.FENOLICOS _____ mg/l	DQO _____
DETERGENTES (SAAM) _____ mg/l	DUREZA: _____ mg/L
FLUORURO < <u>0,25</u> mg/l	SOL_SUSP_TOT: _____
HIERRO < <u>0,08</u> mg/l	ACEITES_GRASAS: _____
LITIO _____ mg/l	FOSFORO_TOT: _____
MAGNESIO <u>31,9</u> mg/l	NITROG_TOT: _____
MANGANESO < <u>0,02</u> mg/l	PODER_ESPUM: _____
MERCURIO < <u>0,0004</u> mg/l	
DIGITADO POR : NCEA	

Observaciones : (\*) Valor Fuera de Norma.

Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

LABORATORIO DE SALUD  
Pública Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD R.M.  
VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



Gobierno de  
**CHILE**  
Ministerio de Salud

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>6907</b>	-	FECHA INFORME :	<b>09-12-2014</b>
Nº de Acta :	<b>0</b>		FECHA RECEPCION:	<b>20-11-2014</b>
PROGRAMA :	<b>ENTORNO SALUDABLE</b>		FECHA DE MUESTREO:	<b>20-11-2014</b>
ORIGEN DE LA MUESTRA :	<b>VIGILANCIA</b>		Nº trámite/intern/Denun.:	<b>3010</b>
TIPO DE MUESTRA:	<b>AGUA CONSUMO HUMANO</b>			
DETALLE TIPO DE MUESTRA	<b>AGUA NO CLORADA</b>			
OBSERVACIONES :	<b>PTO N°3 ESTANQUE SECTOR VOLCANITO C.AL VOLCAN S/N, SECTOR EL VOLCAN, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA</b>			

COLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	6,90	CONDUCTIVIDAD	1168 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	973 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	3,9 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	< 0,003 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	261 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	105 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	22 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	7294 -	FECHA INFORME :	15-01-2015
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	15-12-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	15-12-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3013
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	CAMINO AL VOLCAN 15447, SECTOR EL GUAYACAN, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA (M.CLIENTE)		

COLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,07	CONDUCTIVIDAD	258 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	2,9 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	< 0,003 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	5 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	14 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR : GVALENZUELA			

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09

LABORATORIO DE SALUD  
Publica Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD R.M.  
VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

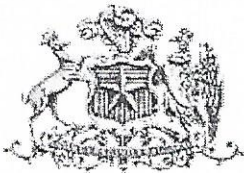
## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	7266	-	FECHA INFORME :	15-01-2015
Nº de Acta :	0		FECHA RECEPCION:	22-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE		FECHA DE MUESTREO:	11-12-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA		Nº trámite/intern/Denun.:	3012
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO			
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA			
OBSERVACIONES :	PTO N°1 ESTANQUE SAN GABRIEL, CAMINO VOLCAN ALT. 39540, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA (M.CLIENTE) <i>Bolewon</i>			

7266		
COLOR VERDADERO	< 11	
pH	8,25	
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000	mg/l
ALUMINIO		mg/l
AMONIACO		mg/l
ARSENICO	0,003	mg/l
CADMIO	< 0,004	mg/l
CIANURO		mg/l
CLORURO	< 4	mg/l
COBRE	< 0,15	mg/l
CROMO	< 0,005	mg/l
CROMO HEXAV.		mg/l
COMP.FENOLICOS		mg/l
DETERGENTES (SAAM)		mg/l
FLUORURO	< 0,25	mg/l
HIERRO	< 0,08	mg/l
LITIO		mg/l
MAGNESIO	< 5,1	mg/l
MANGANESO	< 0,02	mg/l
MERCURIO	< 0,0004	mg/l
DIGITADO POR :	GVALENZUELA	
SABOR		
TURBIEDAD		
CONDUCTIVIDAD	145	µS/cm
RES. SOLIDO FILTRABLES		
NITRATOS	< 2,2	mg/l
NITRITOS	< 0,07	mg/l
NIQUEL		mg/l
PLOMO	< 0,016	mg/l
SELENIO		mg/l
SODIO PORCENT.		%
SULFATO	< 6	mg/l
ZINC	< 0,17	mg/l
DBO5		
DQO		
DUREZA:		mg/L
SOL_SUSP_TOT:		
ACEITES_GRASAS:		
FOSFORO_TOT:		
NITROG_TOT:		
PODER_ESPUM:		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09

LABORATORIO DE SALUD  
Publica Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD P.M.  
*[Handwritten Signature]*  
VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	7296 -	FECHA INFORME :	15-01-2015
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	15-12-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	15-12-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3014
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	CAMINO EL NOCEDAL S/N SECTOR EL GUAYACAN, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA (M.CLIENTE)		

		7296	
OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,36	CONDUCTIVIDAD	234 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	2,8 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	< 0,003 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	6 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09

LABORATORIO DE SALUD  
Publica Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SERAFIN BARRERA R.M.  
VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5048</b>	-	FECHA INFORME :	03-10-2014
Nº de Acta :	0		FECHA RECEPCION:	19-08-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE		FECHA DE MUESTREO:	19-08-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	DENUNCIA		Nº trámite/intern/Denun.:	1
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO			
DETALLE TIPO DE MUESTRA	A. C. H. no clorada			
OBSERVACIONES :	CANAL MORENINO 228, SANTA MARIA DEL ESTERO, SAN JOSE DE MAIPO, OF. PROV. CORDILLERA			

		5048	
COLOR VERDADERO		<	11
pH	8,17		
SOL. DISUELTOS TOTALES		<	1000 mg/l
ALUMINIO			mg/l
AMONIACO			mg/l
ARSENICO	<	0,003	mg/l
CADMIO	<	0,004	mg/l
CIANURO			mg/l
CLORURO	<	4	mg/l
COBRE	<	0,15	mg/l
CROMO	<	0,005	mg/l
CROMO HEXAV.			mg/l
COMP.FENOLICOS			mg/l
DETERGENTES (SAAM)			mg/l
FLUORURO	<	0,25	mg/l
HIERRO	*	0,77	mg/l
LITIO			mg/l
MAGNESIO	<	5,1	mg/l
MANGANESO	<	0,02	mg/l
MERCURIO	<	0,0004	mg/l
DIGITADO POR : GVALENZUELA			
SABOR			
TURBIEDAD			
CONDUCTIVIDAD		158	µS/cm
RES. SOLIDO FILTRABLES			
NITRATOS	2,7		mg/l
NITRITOS	<	0,07	mg/l
NIQUEL			mg/l
PLOMO	<	0,016	mg/l
SELENIO			mg/l
SODIO PORCENT.			%
SULFATO	15		mg/l
ZINC	<	0,17	mg/l
DBO5			
DQO			
DUREZA:			mg/L
SOL_SUSP_TOT:			
ACEITES_GRASAS:			
FOSFORO_TOT:			
NITROG_TOT:			
PODER_ESPUM:			

Observaciones : \* Valor fuera de norma.

Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

LABORATORIO DE SALUD  
Ambiental y Comunitaria  
Ministerio de Salud  
Santiago, Chile

**VICTOR BERRIOS SEPULVEDA**  
JEFE LABORATORIO

INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	6839 -	FECHA INFORME :	09-12-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	19-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	19-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3006
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO. Nº1 CAMPING QUEMPO, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA.		

OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,22	CONDUCTIVIDAD	101 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	3,5 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,007 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	10 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
 MINISTERIO DE SALUD  
 Jefe de Laboratorio

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
 JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

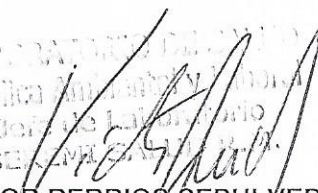
## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

(101)

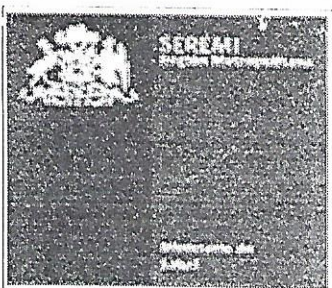
Nº IDENTIFICACION:	<b>6837</b> -	FECHA INFORME :	09-12-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	19-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	19-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3007
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO. N°2 ESTANQUE LOS MAITENES, CAMINO LOS MAITENES, SAN JOSE DE MAIPO.M.AGUILERA		

6837	
OLOR	SABOR
COLOR VERDADERO < 11	TURBIEDAD
pH 7,98	CONDUCTIVIDAD 114 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES < 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES
ALUMINIO mg/l	NITRATOS 3,8 mg/l
AMONIACO mg/l	NITRITOS < 0,07 mg/l
ARSENICO 0,005 mg/l	NIQUEL mg/l
CADMIO < 0,004 mg/l	PLOMO < 0,016 mg/l
CIANURO mg/l	SELENIO mg/l
CLORURO 4 mg/l	SODIO PORCENT. %
COBRE < 0,15 mg/l	SULFATO 11 mg/l
CROMO < 0,005 mg/l	ZINC < 0,17 mg/l
CROMO HEXAV. mg/l	DBO5
COMP.FENOLICOS mg/l	DQO
DETERGENTES (SAAM) mg/l	DUREZA: mg/L
FLUORURO < 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:
HIERRO 0,29 mg/l	ACEITES_GRASAS:
LITIO mg/l	FOSFORO_TOT:
MAGNESIO < 5,1 mg/l	NITROG_TOT:
MANGANESO 0,03 mg/l	PODER_ESPUM:
MERCURIO < 0,0004 mg/l	
DIGITADO POR : GVALENZUELA	

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

  
**VICTOR BERRIOS SEPULVEDA**  
 JEFE LABORATORIO





# LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA AMBIENTAL Y LABORAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<u>556</u>	FECHA INFORME :	20-02-2015
Nº de Acta :	<u>602</u>	FECHA RECEPCION:	18-02-2015
PROGRAMA :	<u>ENTORNO SALUDABLE</u>	FECHA DE MUESTREO:	18-02-2015
ORIGEN DE LA MUESTRA :	<u>VIGILANCIA</u>	Nº trámite/intern/Denun.:	
TIPO DE MUESTRA:	<u>AGUA CONSUMO HUMANO</u>		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	<u>AGUA NO CLORADA. CURSO SUPERFICIAL. T°13</u>		
OBSERVACIONES :	<u>ESTANQUE LAS MERCEDITAS. SECTOR EL VOLCAN S/N. SAN JOSE DE MAIPO. MARCELO AGUILERA</u>		

556	
OLOR _____	SABOR _____
COLOR VERDADERO _____	TURBIEDAD _____
pH _____	CONDUCTIVIDAD _____ µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES _____ mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES _____
ALUMINIO _____ mg/l	NITRATOS _____ mg/l
AMONIACO _____ mg/l	NITRITOS _____ mg/l
ARSENICO <u>&lt; 0,003</u> mg/l	NIQUEL _____ mg/l
CADMIO _____ mg/l	PLOMO _____ mg/l
CIANURO _____ mg/l	SELENIO _____ mg/l
CLORURO _____ mg/l	SODIO PORCENT. _____ %
COBRE _____ mg/l	SULFATO _____ mg/l
CROMO _____ mg/l	ZINC _____ mg/l
CROMO HEXAV. _____ mg/l	DBO5 _____
COMP.FENOLICOS _____ mg/l	DQO _____
DETERGENTES (SAAM) _____ mg/l	DUREZA: _____ mg/L
FLUORURO _____ mg/l	SOL_SUSP_TOT: _____
HIERRO _____ mg/l	ACEITES_GRASAS: _____
LITIO _____ mg/l	FOSFORO_TOT: _____
MAGNESIO _____ mg/l	NITROG_TOT: _____
MANGANESO _____ mg/l	PODER_ESPUM: _____
MERCURIO _____ mg/l	
DIGITADO POR : _____	

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09

LABORATORIO DE SALUD  
Pública Ambiental y Laboral  
SEREMI SALUD RM

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	6773 -	FECHA INFORME :	12-12-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	17-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	17-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3001
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO. N°1. CANAL MORENINO, DESPUES DEL TALLER MECANICO, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

COLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,16	CONDUCTIVIDAD	140 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,005 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	7 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	* 1,03 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	0,1 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.  
(\* ) Parametro fuera de Norma.

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>6774</b> -	FECHA INFORME :	12-12-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	17-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	17-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3002
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO. N°2 BOCATOMA APR. PJE CANAL MORENINO, FRENTE AL 228, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA.		

COLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	7,97	CONDUCTIVIDAD	154 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,005 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	< 6 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	* 0,52 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	0,06 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR : GVALENZUELA			

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.  
(\* ) Parametro fuera de Norma.

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
Publico Ambiental / Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD R.M.  
VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO

(a)


# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

N° IDENTIFICACION:	6775 -	FECHA INFORME :	12-12-2014
N° de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	17-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	17-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	N° trámite/intern/Denun.:	3003
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	SIN MEDICION		
OBSERVACIONES :	PTO. N°3, APR, STA MARIA DEL ESTERO, PJE. CANAL MORENINO N°228, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

6775																																																																																																				
<p><b>TOR</b></p> <p>COLOR VERDADERO &lt; 11</p> <p>pH 8,16</p> <p>SOL. DISUELTOS TOTALES &lt; 1000 mg/l</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>ALUMINIO</td><td></td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>AMONIACO</td><td></td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>ARSENICO</td><td>0,004</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>CADMIO</td><td>&lt; 0,004</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>CIANURO</td><td></td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>CLORURO</td><td>&lt; 4</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>COBRE</td><td>&lt; 0,15</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>CROMO</td><td>&lt; 0,005</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>CROMO HEXAV.</td><td></td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>COMP.FENOLICOS</td><td></td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>DETERGENTES (SAAM)</td><td></td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>FLUORURO</td><td>&lt; 0,25</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>HIERRO</td><td>0,26</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>LITIO</td><td></td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>MAGNESIO</td><td>5,9</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>MANGANESO</td><td>&lt; 0,02</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>MERCURIO</td><td>&lt; 0,0004</td><td>mg/l</td></tr> </table> <p>DIGITADO POR : GVALENZUELA</p>	ALUMINIO		mg/l	AMONIACO		mg/l	ARSENICO	0,004	mg/l	CADMIO	< 0,004	mg/l	CIANURO		mg/l	CLORURO	< 4	mg/l	COBRE	< 0,15	mg/l	CROMO	< 0,005	mg/l	CROMO HEXAV.		mg/l	COMP.FENOLICOS		mg/l	DETERGENTES (SAAM)		mg/l	FLUORURO	< 0,25	mg/l	HIERRO	0,26	mg/l	LITIO		mg/l	MAGNESIO	5,9	mg/l	MANGANESO	< 0,02	mg/l	MERCURIO	< 0,0004	mg/l	<p><b>SABOR</b></p> <p>TURBIEDAD</p> <p>CONDUCTIVIDAD 159 µS/cm</p> <p>RES. SOLIDO FILTRABLES</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>NITRATOS</td><td>&lt; 2,2</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>NITRITOS</td><td>&lt; 0,07</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>NIQUEL</td><td></td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>PLOMO</td><td>&lt; 0,016</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>SELENIO</td><td></td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>SODIO PORCENT.</td><td></td><td>%</td></tr> <tr><td>SULFATO</td><td>&lt; 6</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>ZINC</td><td>&lt; 0,17</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>DBO5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DQO</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DUREZA:</td><td></td><td>mg/L</td></tr> <tr><td>SOL_SUSP_TOT:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>ACEITES_GRASAS:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>FOSFORO_TOT:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>NITROG_TOT:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PODER_ESPUM:</td><td></td><td></td></tr> </table>	NITRATOS	< 2,2	mg/l	NITRITOS	< 0,07	mg/l	NIQUEL		mg/l	PLOMO	< 0,016	mg/l	SELENIO		mg/l	SODIO PORCENT.		%	SULFATO	< 6	mg/l	ZINC	< 0,17	mg/l	DBO5			DQO			DUREZA:		mg/L	SOL_SUSP_TOT:			ACEITES_GRASAS:			FOSFORO_TOT:			NITROG_TOT:			PODER_ESPUM:		
ALUMINIO		mg/l																																																																																																		
AMONIACO		mg/l																																																																																																		
ARSENICO	0,004	mg/l																																																																																																		
CADMIO	< 0,004	mg/l																																																																																																		
CIANURO		mg/l																																																																																																		
CLORURO	< 4	mg/l																																																																																																		
COBRE	< 0,15	mg/l																																																																																																		
CROMO	< 0,005	mg/l																																																																																																		
CROMO HEXAV.		mg/l																																																																																																		
COMP.FENOLICOS		mg/l																																																																																																		
DETERGENTES (SAAM)		mg/l																																																																																																		
FLUORURO	< 0,25	mg/l																																																																																																		
HIERRO	0,26	mg/l																																																																																																		
LITIO		mg/l																																																																																																		
MAGNESIO	5,9	mg/l																																																																																																		
MANGANESO	< 0,02	mg/l																																																																																																		
MERCURIO	< 0,0004	mg/l																																																																																																		
NITRATOS	< 2,2	mg/l																																																																																																		
NITRITOS	< 0,07	mg/l																																																																																																		
NIQUEL		mg/l																																																																																																		
PLOMO	< 0,016	mg/l																																																																																																		
SELENIO		mg/l																																																																																																		
SODIO PORCENT.		%																																																																																																		
SULFATO	< 6	mg/l																																																																																																		
ZINC	< 0,17	mg/l																																																																																																		
DBO5																																																																																																				
DQO																																																																																																				
DUREZA:		mg/L																																																																																																		
SOL_SUSP_TOT:																																																																																																				
ACEITES_GRASAS:																																																																																																				
FOSFORO_TOT:																																																																																																				
NITROG_TOT:																																																																																																				
PODER_ESPUM:																																																																																																				

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

  
**VICTOR BERRIOS SEPULVEDA**  
**JEFE LABORATORIO**  
 SERVICIO SALUD R.U.M.

INFORME DE ANALISIS - AGUAS



Nº IDENTIFICACION:	6776 -	FECHA INFORME :	12-12-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	17-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	17-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3004
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	SIN MEDICION		
OBSERVACIONES :	PTO. N°4, CASA HABITACION, PJE CANAL MORENINO N°263, SAN JOSE DE MAIPO, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA.		

OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	A 11	TURBIEDAD	
pH	8,27	CONDUCTIVIDAD	164 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,004 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	< 6 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	0,24 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	5,9 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.



VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<u>6773</u> -	FECHA INFORME :	12-12-2014
Nº de Acta :	<u>0</u>	FECHA RECEPCION:	17-11-2014
PROGRAMA :	<u>ENTORNO SALUDABLE</u>	FECHA DE MUESTREO:	17-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3001
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO. Nº1. CANAL MORENINO, DESPUES DEL TALLER MECANICO, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

		6773	
OLOR	<u>                    </u>	SABOR	<u>                    </u>
COLOR VERDADERO	< <u>11</u>	TURBIEDAD	<u>                    </u>
pH	<u>8,16</u>	CONDUCTIVIDAD	<u>140</u> µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< <u>1000</u> mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	<u>                    </u>
ALUMINIO	<u>                    </u> mg/l	NITRATOS	< <u>2,2</u> mg/l
AMONIACO	<u>                    </u> mg/l	NITRITOS	< <u>0,07</u> mg/l
ARSENICO	<u>0,005</u> mg/l	NIQUEL	<u>                    </u> mg/l
CADMIO	< <u>0,004</u> mg/l	PLOMO	< <u>0,016</u> mg/l
CIANURO	<u>                    </u> mg/l	SELENIO	<u>                    </u> mg/l
CLORURO	< <u>4</u> mg/l	SODIO PORCENT.	<u>                    </u> %
COBRE	< <u>0,15</u> mg/l	SULFATO	<u>7</u> mg/l
CROMO	< <u>0,005</u> mg/l	ZINC	< <u>0,17</u> mg/l
CROMO HEXAV.	<u>                    </u> mg/l	DBO5	<u>                    </u>
COMP.FENOLICOS	<u>                    </u> mg/l	DQO	<u>                    </u>
DETERGENTES (SAAM)	<u>                    </u> mg/l	DUREZA:	<u>                    </u> mg/L
FLUORURO	< <u>0,25</u> mg/l	SOL_SUSP_TOT:	<u>                    </u>
HIERRO	* <u>1,03</u> mg/l	ACEITES_GRASAS:	<u>                    </u>
LITIO	<u>                    </u> mg/l	FOSFORO_TOT:	<u>                    </u>
MAGNESIO	< <u>5,1</u> mg/l	NITROG_TOT:	<u>                    </u>
MANGANESO	<u>0,1</u> mg/l	PODER_ESPUM:	<u>                    </u>
MERCURIO	< <u>0,0004</u> mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.  
(\* ) Parametro fuera de Norma.

LABORATORIO DE SALUD  
Pública Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
MINISTERIO DE SALUD  
**VICTOR BERRIOS SEPULVEDA**  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>6774</b> -	FECHA INFORME :	12-12-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	17-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	17-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3002
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	AGUA NO CLORADA		
OBSERVACIONES :	PTO. N°2 BOCATOMA APR. PJE CANAL MORENINO, FRENTE AL 228, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA.		

		6774	
OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	7,97	CONDUCTIVIDAD	154 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,005 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	< 6 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	* 0,52 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	0,06 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.  
(\* ) Parametro fuera de Norma.

LABORATORIO DE SALUD  
Publica Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD R.M.  
VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO







GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

*Handwritten initials*

Nº IDENTIFICACION:	<b>6776</b> -	FECHA INFORME :	12-12-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	17-11-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	17-11-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	3004
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	SIN MEDICION		
OBSERVACIONES :	PTO. Nº4, CASA HABITACION, PJE CANAL MORENINO Nº263, SAN JOSE DE MAIPO, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA.		

		6776	
OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,27	CONDUCTIVIDAD	164 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,004 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	< 6 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	0,24 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	5,9 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

LABORATORIO DE SALUD  
Pública Ambiental y  
Jefe de Laboratorio  
MINISTERIO DE SALUD

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5050</b>	-	FECHA INFORME :	<b>03-10-2014</b>
Nº de Acta :	0		FECHA RECEPCION:	<b>19-08-2014</b>
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE		FECHA DE MUESTREO:	<b>19-08-2014</b>
ORIGEN DE LA MUESTRA :	DENUNCIA		Nº trámite/intern/Denun.:	<b>2</b>
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO			
DETALLE TIPO DE MUESTRA	A. C. H. clorada ( no indica su cloración )			
OBSERVACIONES :	CANAL MORENINO 228, SANTA MARIA DEL ESTERO ( APR. ), SAN JOSE DE MAIPO, OF. PROV. CORDILLERA			

OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,19	CONDUCTIVIDAD	194 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	< 0,003 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	6 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	19 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	* 0,35 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : \* Valor fuera de norma.  
Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	5050 -	FECHA INFORME :	03-10-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	19-08-2014
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	19-08-2014
ORIGEN DE LA MUESTRA :	DENUNCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	2
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	A. C. H. clorada ( no indica su cloración )		
OBSERVACIONES :	CANAL MORENINO 228, SANTA MARIA DEL ESTERO ( APR. ), SAN JOSE DE MAIPO, OF. PROV. CORDILLERA		

COLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,19	CONDUCTIVIDAD	194 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	< 0,003 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	6 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	19 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	* 0,35 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : \* Valor fuera de norma.  
Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

**LABORATORIO DE SALUD**  
Publica Ambiental y Laboral  
Jefe de Laboratorio  
SEREMI SALUD R.M.  
**VICTOR BERRIOS SEPULVEDA**  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5441</b> -	FECHA INFORME :	27-12-2013
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	04-12-2013
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	04-12-2013
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	904
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	Cl.Ir(no se informo)		
OBSERVACIONES :	PTO.Nº1, CANAL SANTA MARIA DEL ESTERO, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

		5441	
OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	7,80	CONDUCTIVIDAD	125 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	< 0,1 mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,004 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	9 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.



VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5264</b>	FECHA INFORME :	20-12-2013
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	20-11-2013
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	20-11-2013
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	891
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	Cl.Ir (no se informo)		
OBSERVACIONES :	ESTANQUES SECTOR BAÑOS MORALES (Nº2), SAN JOSE DE MAIPO, J.GOMEZ		

		5264	
OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	7,03	CONDUCTIVIDAD	1103 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	1016 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	0,1 mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	< 0,003 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	6 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	317 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	16,5 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.



VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



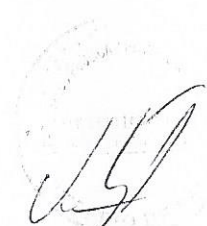
# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	2475 -	FECHA INFORME :	12-07-2013
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	19-06-2013
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	18-06-2013
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	471
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	clr. mg/l. 0,9		
OBSERVACIONES :	CANAL DE LA LUZ 5065, PUENTE ALTO, J. GOMEZ		

OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,02	CONDUCTIVIDAD	1592 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	1090 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	< 0,10 mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,007 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	239 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	347 mg/l
CROMO	< 0,02 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	17,3 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

  
 AUGUSTO PALMA CASTRO  
 JEFE LABORATORIO

INFORME DE ANALISIS - AGUAS


Nº IDENTIFICACION:	2477 -	FECHA INFORME :	12-07-2013
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	19-06-2013
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	18-06-2013
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	472
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	clr. mg/l. 3,5		
OBSERVACIONES :	DIEGO PORTALES 6900, PUENTE ALTO, J. GOMEZ		

2477

OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,13	CONDUCTIVIDAD	1705 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	1126 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO		NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	< 0,10 mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	< 0,008 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	262 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	358 mg/l
CROMO	< 0,02 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	19,2 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		

DIGITADO POR : GVALENZUELA

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

  
AUGUSTO PALMA CASTRO  
JEFE LABORATORIO

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5262</b> -	FECHA INFORME :	<b>20-12-2013</b>
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	<b>20-11-2013</b>
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	<b>20-11-2013</b>
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	<b>890</b>
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	Cl.Ir (no se informo)		
OBSERVACIONES :	SECTOR LO VALDES S/N, (Nº1), SAN JOSE DE MAIPO, J.GOMEZ		

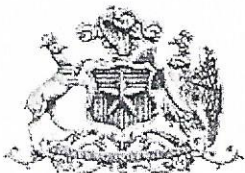
		5262	
OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	7,60	CONDUCTIVIDAD	1685 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	1434 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l ✓
AMONIACO	0,1 mg/l ✓	NITRITOS	< 0,07 mg/l ✓
ARSENICO	0,01 mg/l ✓	NIQUEL	mg/l ✓
CADMIO	< 0,003 mg/l ✓	PLOMO	< 0,016 mg/l ✓
CIANURO	mg/l ✓	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l ✓	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l ✓	SULFATO	* 934 mg/l X
CROMO	< 0,005 mg/l ✓	ZINC	< 0,17 mg/l ✓
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l ✓	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	* 1,27 mg/l X	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	30,6 mg/l ✓	NITROG_TOT:	
MANGANESO	* 1,3 mg/l X	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l ✓		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : \* Valor fuera de norma.  
Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.



VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO





GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5266</b> -	FECHA INFORME :	<b>20-12-2013</b>
Nº de Acta :	<b>0</b>	FECHA RECEPCION:	<b>20-11-2013</b>
PROGRAMA :	<b>ENTORNO SALUDABLE</b>	FECHA DE MUESTREO:	<b>20-11-2013</b>
ORIGEN DE LA MUESTRA :	<b>VIGILANCIA</b>	Nº trámite/intern/Denun.:	<b>892</b>
TIPO DE MUESTRA:	<b>AGUA CONSUMO HUMANO</b>		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	<b>Cl.Ir (no se informo)</b>		
OBSERVACIONES :	<b>VERTIENTE SECTOR BAÑOS MORALES (Nº3), SAN JOSE DE MAIPO, J.GOMEZ</b>		

		5266	
OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	7,04	CONDUCTIVIDAD	2060 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	1462 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	2,6 mg/l
AMONIACO	0,1 mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	0,005 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	439 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	234 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	16,4 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.

  
**VICTOR BERRIOS SEPULVEDA**  
 JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5445</b> -	FECHA INFORME :	27-12-2013
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	04-12-2013
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	04-12-2013
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	903
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	Cl.lr (no se informo)		
OBSERVACIONES :	PTA N°3, ESTANQUE EL ALAFALFAL, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

		5445	
OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	8,00	CONDUCTIVIDAD	94 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	< 1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	2,8 mg/l
AMONIACO	< 0,1 mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	< 0,003 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	< 4 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	< 6 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	* 0,63 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	< 5,1 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	GVALENZUELA		

Observaciones : \* Valor fuera de norma.  
Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09



VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5539</b> -	FECHA INFORME :	27-12-2013
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	09-12-2013
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	09-12-2013
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	922
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	Cl.Ir (no se informo)		
OBSERVACIONES :	PTO Nº1 ESTANQUE AZUL EL VOLCAN, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

		5539	
OLOR		SABOR	
COLOR VERDADERO	< 11	TURBIEDAD	
pH	7,80	CONDUCTIVIDAD	849 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES	<1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES	
ALUMINIO	mg/l	NITRATOS	< 2,2 mg/l
AMONIACO	< 0,1 mg/l	NITRITOS	< 0,07 mg/l
ARSENICO	* 0,026 mg/l	NIQUEL	mg/l
CADMIO	< 0,004 mg/l	PLOMO	< 0,016 mg/l
CIANURO	mg/l	SELENIO	mg/l
CLORURO	11 mg/l	SODIO PORCENT.	%
COBRE	< 0,15 mg/l	SULFATO	301 mg/l
CROMO	< 0,005 mg/l	ZINC	< 0,17 mg/l
CROMO HEXAV.	mg/l	DBO5	
COMP.FENOLICOS	mg/l	DQO	
DETERGENTES (SAAM)	mg/l	DUREZA:	mg/L
FLUORURO	< 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT:	
HIERRO	< 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS:	
LITIO	mg/l	FOSFORO_TOT:	
MAGNESIO	32,6 mg/l	NITROG_TOT:	
MANGANESO	< 0,02 mg/l	PODER_ESPUM:	
MERCURIO	< 0,0004 mg/l		
DIGITADO POR :	NCEA		

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.  
(\* ) Valor fuera de Norma.



VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5541</b> -	FECHA INFORME :	27-12-2013
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	09-12-2013
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	09-12-2013
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	923
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	CI.Ir (no se informo)		
OBSERVACIONES :	PTO Nº2 CASA CERCA DE ESTANQUE AZUL EL VOLCAN, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

5541	
OLOR _____	SABOR _____
COLOR VERDADERO < 11	TURBIEDAD _____
pH 7,90	CONDUCTIVIDAD 597 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES <1000 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES _____
ALUMINIO _____ mg/l	NITRATOS 2,8 mg/l
AMONIACO < 0,10 mg/l	NITRITOS < 0,07 mg/l
ARSENICO 0,006 mg/l	NIQUEL _____ mg/l
CADMIO < 0,004 mg/l	PLOMO < 0,016 mg/l
CIANURO _____ mg/l	SELENIO _____ mg/l
CLORURO 34 mg/l	SODIO PORCENT. _____ %
COBRE < 0,15 mg/l	SULFATO 160 mg/l
CROMO < 0,005 mg/l	ZINC 0,17 mg/l
CROMO HEXAV. _____ mg/l	DBO5 _____
COMP.FENOLICOS _____ mg/l	DQO _____
DETERGENTES (SAAM) _____ mg/l	DUREZA: _____ mg/L
FLUORURO < 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT: _____
HIERRO < 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS: _____
LITIO _____ mg/l	FOSFORO_TOT: _____
MAGNESIO 15 mg/l	NITROG_TOT: _____
MANGANESO < 0,02 mg/l	PODER_ESPUM: _____
MERCURIO < 0,0004 mg/l	
DIGITADO POR: NCEA	

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.



VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<b>5543</b> -	FECHA INFORME :	23-01-2014
Nº de Acta :	0	FECHA RECEPCION:	09-12-2013
PROGRAMA :	ENTORNO SALUDABLE	FECHA DE MUESTREO:	09-12-2013
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	924
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	Cl.Ir (no se informo)		
OBSERVACIONES :	PTO. Nº3, ESTANQUE PEQUEÑO EL VOLCAN, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

5543	
OLOR _____	SABOR _____
COLOR VERDADERO < 11	TURBIEDAD _____
pH 6,40	CONDUCTIVIDAD 1309 µS/cm
SOL. DISUELTOS TOTALES 968 mg/l	RES. SOLIDO FILTRABLES _____
ALUMINIO _____ mg/l	NITRATOS 3,3 mg/l
AMONIACO < 0,1 mg/l	NITRITOS < 0,07 mg/l
ARSENICO < 0,003 mg/l	NIQUEL _____ mg/l
CADMIO < 0,004 mg/l	PLOMO < 0,016 mg/l
CIANURO _____ mg/l	SELENIO _____ mg/l
CLORURO 220 mg/l	SODIO PORCENT. %
COBRE < 0,15 mg/l	SULFATO 82 mg/l
CROMO < 0,005 mg/l	ZINC < 0,17 mg/l
CROMO HEXAV. _____ mg/l	DBO5 _____
COMP.FENOLICOS _____ mg/l	DQO _____
DETERGENTES (SAAM) _____ mg/l	DUREZA: _____ mg/L
FLUORURO < 0,25 mg/l	SOL_SUSP_TOT: _____
HIERRO < 0,08 mg/l	ACEITES_GRASAS: _____
LITIO _____ mg/l	FOSFORO_TOT: _____
MAGNESIO 21,2 mg/l	NITROG_TOT: _____
MANGANESO < 0,02 mg/l	PODER_ESPUM: _____
MERCURIO < 0,0004 mg/l	
DIGITADO POR : NCEA	

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.



VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE SALUD

# LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

## INFORME DE ANALISIS - AGUAS

Nº IDENTIFICACION:	<u>5595</u> -	FECHA INFORME :	03-01-2014
Nº de Acta :	<u>0</u>	FECHA RECEPCION:	11-12-2013
PROGRAMA :	<u>ENTORNO SALUDABLE</u>	FECHA DE MUESTREO:	11-12-2013
ORIGEN DE LA MUESTRA :	VIGILANCIA	Nº trámite/intern/Denun.:	941
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO HUMANO		
DETALLE TIPO DE MUESTRA	CL.LR (NO SE MIDIO)		
OBSERVACIONES :	PTO.Nº1 CERRO LO VALDES, SAN JOSE DE MAIPO, M.AGUILERA		

5595

OLOR

SABOR

COLOR VERDADERO < 11

TURBIEDAD

pH 7,70

CONDUCTIVIDAD 751 µS/cm

SOL. DISUELTOS TOTALES < 1000 mg/l

RES. SOLIDO FILTRABLES

ALUMINIO		mg/l
AMONIACO	< <u>0,1</u>	mg/l
ARSENICO	< <u>0,003</u>	mg/l
CADMIO	< <u>0,004</u>	mg/l
CIANURO		mg/l
CLORURO	< <u>4</u>	mg/l
COBRE	< <u>0,15</u>	mg/l
CROMO	< <u>0,005</u>	mg/l
CROMO HEXAV.		mg/l
COMP.FENOLICOS		mg/l
DETERGENTES (SAAM)		mg/l
FLUORURO	<u>0,35</u>	mg/l
HIERRO	< <u>0,08</u>	mg/l
LITIO		mg/l
MAGNESIO	<u>43,3</u>	mg/l
MANGANESO	< <u>0,02</u>	mg/l
MERCURIO	< <u>0,0004</u>	mg/l

NITRATOS	< <u>2,2</u>	mg/l
NITRITOS	< <u>0,07</u>	mg/l
NIQUEL		mg/l
PLOMO	< <u>0,016</u>	mg/l
SELENIO		mg/l
SODIO PORCENT.		%
SULFATO	<u>219</u>	mg/l
ZINC	< <u>0,17</u>	mg/l
DBO5		
DQO		
DUREZA:		mg/L
SOL_SUSP_TOT:		
ACEITES_GRASAS:		
FOSFORO_TOT:		
NITROG_TOT:		
PODER_ESPUM:		

DIGITADO POR : GVALENZUELA

Observaciones : Norma de referencia: Dcto. MINSAL 735-69, Dcto. MINSAL 131-06, Dcto. MINSAL 76-09.



VICTOR BERRIOS SEPULVEDA  
JEFE LABORATORIO